

Conference Proceedings, Published Version

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.)

Energetische Ertüchtigung von Gebäuden der WSV

Kolloquium am 10. Mai 2007 in Karlsruhe

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102150>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2007): Energetische Ertüchtigung von Gebäuden der WSV. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

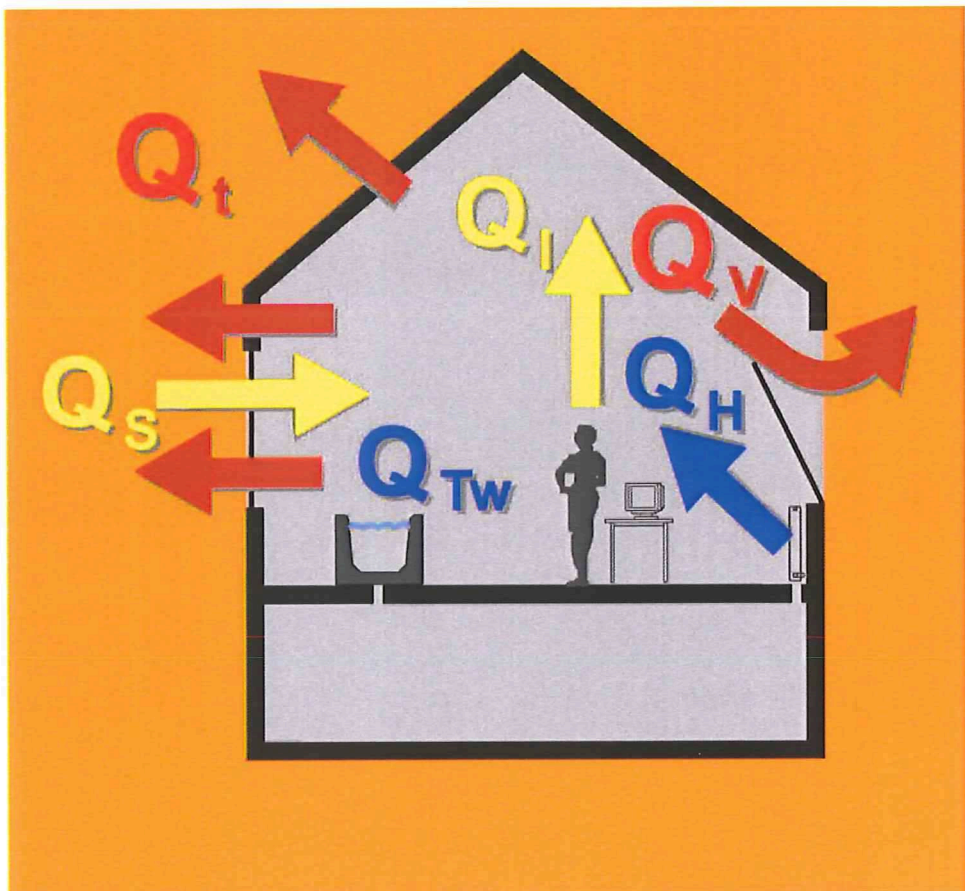
Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





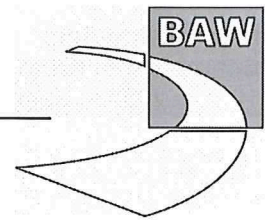
Tagungsband



BAW-Kolloquium der Abteilung Bautechnik

**Energetische Ertüchtigung von
Gebäuden der Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung**

10. Mai 2007 in Karlsruhe



PROGRAMM

- * 10:00 – 10:15 Uhr
Dipl.-Ing. Claus Kunz, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe
Begrüßung

- * 10:15 - 10:45 Uhr
Dipl.-Ing. Udo Beuke, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe
Energieoptimiertes Bauen im Kontext von Ästhetik und Effizienz
Der Gebäudebestand in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) wurde in den siebziger Jahren vom ehemaligen Hochbaubüro geplant und entspricht nicht mehr den Anforderungen heutiger energetischer Standards. Im Vortrag werden die Gebäudetypen vorgestellt und die Optionen zur energetischen Optimierung. Der Referent geht auch auf die Folgen energiebewusster Planung ein und zeigt die daraus resultierenden neuen Erscheinungsformen moderner Architekturästhetik.

- * 10:45 – 11:30 Uhr
Dipl.-Ing. Freda Bethmann, Fachgebiet Bauphysik & technischer Ausbau, Universität Karlsruhe
Bauphysikalische Rahmenbedingungen
Wärmeschutz und Feuchteschutz sind für das Gelingen energieeffizienter Gebäude bedeutende Bausteine. Sie formieren im Wesentlichen die charakteristischen Stellschrauben im komplexen Feld der Bauphysik. Für ein besonderes Verständnis der Komponenten der Energieeinsparverordnung sollen hier bauphysikalische Größen und Zusammenhänge vorgestellt und erläutert werden. Darüber hinaus werden Gesetzmäßigkeiten für einen sicheren Feuchteschutz aufgezeigt.

- * 11:30 – 12:00 Uhr **Kaffeepause**

- * 12:00 – 12:30 Uhr
Dipl.-Ing. Karin Seidel, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe
Energetische Gebäudesanierung - Steuerstand Schwabenheim
Das Schleusenbetriebsgebäude in Schwabenheim wird im Zuge einer Sanierungsmaßnahme auch energetisch untersucht. Grundlage bildet hierfür die Bestandsanalyse mit anschließender Variantenbildung. Über die energetische Bewertung der Varianten hinsichtlich Primärenergie und CO₂-Ausstoß wird berichtet.

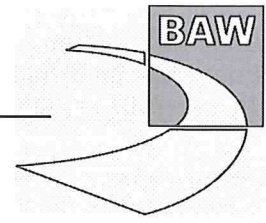
- * 12:30 – 13:15 Uhr
Dipl.-Ing. Dirk Markfort, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, Technische Universität Berlin
Referentenentwurf der EnEV 2007 - Energieausweise
Mit dem Erscheinen des Referentenentwurfs zur EnEV 2007 werden insbesondere für Nichtwohngebäude neue Anforderungen hinsichtlich der Berechnungsmethoden und dem Erstellen von Energieausweisen formuliert. Die Neuerungen der EnEV 2007 werden beschrieben und das Energieausweisformular, die Ausweispflicht sowie die Berechtigung zur Ausweiserstellung erläutert.

- * 13:15 – 14:15 Uhr **Mittagspause** (Kantine Haus 3, 4.OG)

- * 14:15 – 15:00 Uhr
Dipl.-Ing. Arch. Stefan Horschler, Büro für Bauphysik, Hannover
Energieeinsparverordnung - Anspruch und Wirklichkeit
Um den Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz und an die Dichtheit von Gebäuden gerecht zu werden bedarf es gewissenhafter Planung und Ausführung. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird über Anspruch und Wirklichkeit referiert.

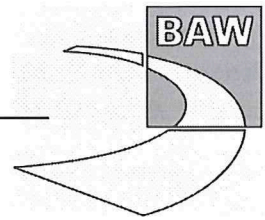
- * 15:00 – 15:45 Uhr
Dipl.-Ing. Sebastian Herkel, Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme, Freiburg
Energieeffiziente Planung im Neubau und Bestand am Beispiel Bauhof Passau
Gebäude tragen bis zu 40% zum Primärenergiebedarf in Deutschland bei. Am Beispiel der Planung für den Bauhof Passau werden Wege aufgezeigt, wie ein angenehmes Raumklima mit Energieeffizienz kombiniert werden kann.

- * 15:45 – 16:00 Uhr
Dipl.-Ing. Udo Beuke, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe
Diskussion und Schlussworte



REFERENTENVERZEICHNIS

F. Bethmann	Fachgebiet Bauphysik & technischer Ausbau, Universität Karlsruhe Englerstraße 7, 76128 Karlsruhe
U. Beuke	Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
S. Herkel	Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg
S. Horschler	Büro für Bauphysik In den Sonnenhöfen 3, 30659 Hannover
D. Markfort	Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken, Technische Universität Berlin Salzufer 4, 10587 Berlin
K. Seidel	Bundesanstalt für Wasserbau Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe



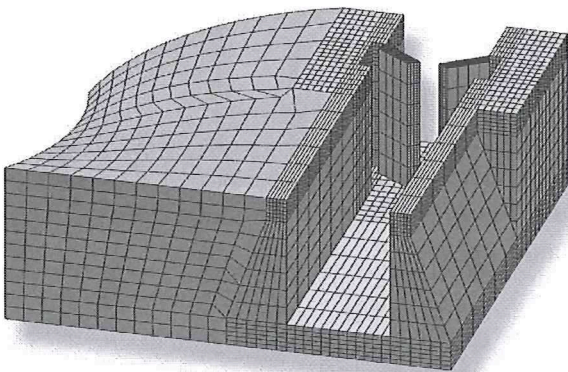
Abteilung Bautechnik

Die Abteilung gliedert sich in folgende Referate:

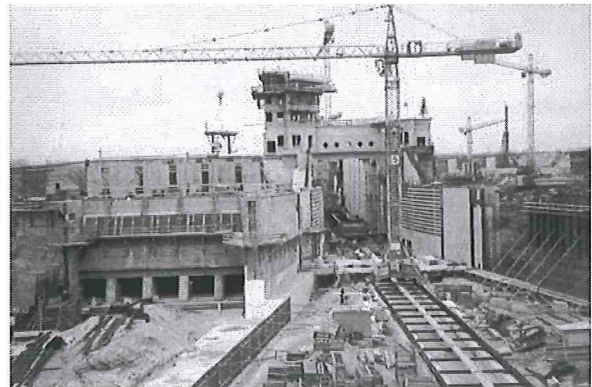
- B1 - Massivbau
- B2 - Stahlbau, Korrosionsschutz
- B3 - Baustoffe
- B4 - Konstruktive Gestaltung

Aufgaben der Abteilung

- Beratung bei Neubau, Ausbau und Instandhaltung hinsichtlich statischer, konstruktiver, gestalterischer und baustoffspezifischer Probleme an Bauwerken und ihren stahlwasserbaulichen Ausrüstungen.
- Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen und technischen Lösungen für solche Aufgaben, die besondere sicherheitstechnische Bedeutung haben und die für einen zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen wichtig sind.

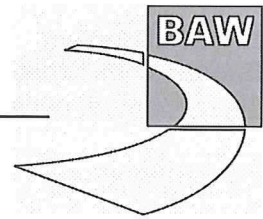


Strukturanalysen für Wasserbauwerke



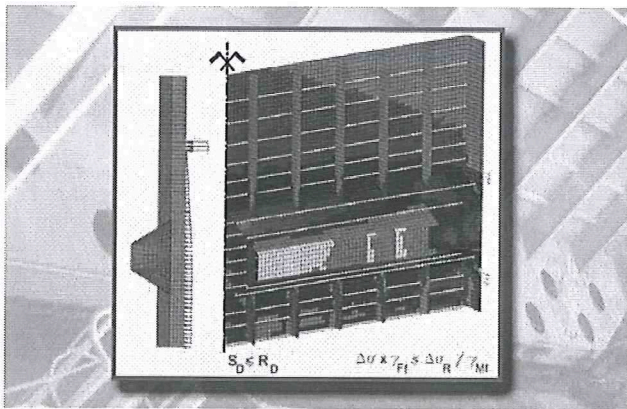
**Beratung während der Herstellung
(Schleuse Rothensee)**

Das Brutto-Anlagevermögen der Wasserbauwerke und der sonstigen Ingenieurbauwerke der WSV beträgt einschl. ihrer Ausrüstung etwa 17 Mrd. €. Im Vergleich zu den Verkehrsträgern Schiene und Straße ist die Vielfalt der Bauwerke wesentlich größer. Ein erheblicher Teil der Bauwerke hat die planmäßige Nutzungszeit von 70 – 90 Jahren erreicht oder überschritten. Aus den unterschiedlichen Nutzungen - außer der Schifffahrt, z. B. Hochwasserschutz und Wasserkraftnutzung - ergeben sich auch die an die Wasserbauwerke zu stellenden Sicherheitsanforderungen.



Daraus leiten sich die fachtechnischen und fachwissenschaftlichen Aufgabenstellungen an die Bautechnik ab:

- Tragwerkssicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit massiver Wasserbauwerke
- Tragwerks-, Funktions- und Betriebssicherheit fester und beweglicher Stahlwasserbauten
- Dauerhaftigkeit (Korrosionsschutz) von Stahlbrücken- und Stahlwasserbauten
- Verwendung von Bauprodukten, die für die speziellen Beanspruchungen von Verkehrswasserbauten dauerhaft geeignet sind
- Gestaltung von Ingenieurbauwerken zur Integration in den Landschaftsraum (Akzeptanz in der Öffentlichkeit)



Statische Nachrechnung eines Schleusentores

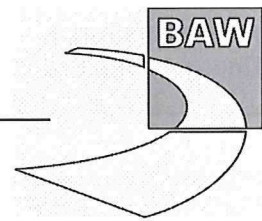


Gestaltungs-Studie für das neue SHW Niederfinow

Die Bautechnik konzentriert sich auf solche Aufgaben, die

- fachwissenschaftlich schwierig sind,
- fachübergreifend zu bearbeiten sind (Massivbau, Baustoffe, Stahlbau in Abstimmung mit Maschinenbau und Elektrotechnik),
- für die Tragsicherheit und Funktionsfähigkeit der Anlagen wichtig sind,
- langjährige Erfahrungen erfordern,
- von baurechtlicher Bedeutung für die WSV sind.

Die Fachkompetenz ergibt sich insbesondere aus der Abhängigkeit und gegenseitigen Befruchtung von Praxisaufgaben und Grundsatzaufgaben. Aus Projektaufgaben der WSV ergeben sich Forschungsthemen, deren Ergebnisse bei weiteren WSV-Projekten genutzt werden und im Regelwerk ihren Niederschlag finden.



Dipl.-Ing. C. Kunz, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe

Grußwort zum Kolloquium „Energieeffiziente Ertüchtigung von Gebäuden der WSV“

Meine sehr verehrten Damen und Herren !

Die Einsparung von Energie und die Reduzierung von CO₂-Emissionen sind angesagtes politisches und technisches Ziel unserer Gesellschaft. Die EU will bis 2020 auf Drängen der deutschen Bundesregierung ihre CO₂-Emission um 20 Prozent reduzieren. In den Bereichen Mobilität und Wohnen müssen daher machbare CO₂-Reduktionen umgesetzt werden. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ist hierfür wegen der Verantwortung für Verkehr und Bau, aber auch dem Betrieb von eigenen Gebäuden in der Pflicht.

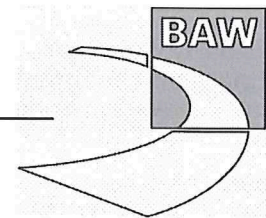
Eine umweltfreundliche Mobilität wird im Einflussbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung für den Transport von Gütern durch Schiffe bewerkstelligt, aber wie sieht es mit umweltfreundlichem Bauen und nachhaltigem Betreiben von Gebäuden aus ? Es scheint, hier bedarf es weiterer Anstrengungen.

Der Sektor mit dem größten Primärenergieverbrauch ist nicht der Verkehr, wie vielfach angenommen, sondern der Gebäudebereich mit rund 40%. Einsparpotenziale gibt es reichlich, vor allem bei der öffentlichen Hand.



Bild 1: Kampagne der Bundesregierung „Ziehen Sie Ihr Haus warm an“, aus Regierung online

Enorme Möglichkeiten, um weniger Energie zu verbrauchen und gleichzeitig CO₂-Emissionen nach den Forderungen des Kyoto-Protokolls zu reduzieren liegen nicht nur im Neubau, sondern in beträchtlichem Mass bei bestehenden Bauwerken. Im Gebäudesektor werden in Deutschland ein Energieeinsparpotenzial in der Größenordnung von 125 TWh/a



vermutet. Dies entspricht einer jährlichen Energiekosteneinsparung von ca. 4 Mrd. Euro. Gleichzeitig ließen sich die CO₂-Emissionen um ca. 30 Mio t reduzieren. Hierfür müssten rund Gesamtinvestitionen von rund 20 Mrd. Euro getätigt werden, was sich damit in rund 6 Jahren amortisieren ließe !

Nach einschlägigen Studien ließen sich im Wärmemarkt rund 40% der Energie einsparen. Zudem rücken Möglichkeiten der effizienten Gebäude-Kühlung und Klimatisierung in den Vordergrund.

Bewegung bringt darüber hinaus die Politik, die im Dezember 2002 eine europäische Richtlinie „Energy Performance of Buildings Directive“, kurz: EPBD, 2002/91/EC, verabschiedet hat, die vor allem bei Nicht-Wohngebäuden, also Zweckbauten, deutliche Energieeinsparungen fordert. Gleichzeitig legt die neue Richtlinie ein wesentlich größeres Augenmerk auf den Energieverbrauch von Lüftungs- und Klimaanlage bzw. Kühlsystemen. Die EPBD fordert u.a. auch für den Wohngebäude-Sektor den allseits bekannten Energieausweis.

ENERGIEAUSWEIS

für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Gemessener Energieverbrauch des Gebäudes

3

Energieverbrauchskennwert

Dieses Gebäude:

308.4 kWh/(m²a)

0

50

100

150

200

250

300

350

400

>400

Energieverbrauch für Warmwasser: ☒ enthalten
☐ nicht enthalten

Verbrauchserfassung – Heizung und Warmwasser

Energieträger	Abrechnungszeitraum		Brennstoffmenge [kWh]	Anteil Warmwasser [GWh]	Klimafaktor	Energieverbrauchskennwert in kWh/(m²a) (zeitlich bereinigt, Kälteabsorbt)		
	von	bis				Heizung	Warmwasser	Kennwert
Erdgas H	01.01.02	31.12.02	62000	11160	1.08	287.9	53.4	311.3
Erdgas H	01.01.03	31.12.03	66300	10404	1.01	231.1	50.2	281.3
Erdgas H	01.01.04	31.12.04	64200	11868	1.07	269.6	55.3	324.9
Durchschnitt						308.4		

Vergleichswerte Endenergiebedarf

0

50

100

150

200

250

300

350

400

>400

Passivhaus

EFH (Einzelhaus)

EFH (Reihenhaus)

EFH (Reihenhaus) mit Kesselraum

Durchschnitt Wohngebäude

EFH (Reihenhaus) mit Kesselraum

EFH (Reihenhaus) mit Kesselraum

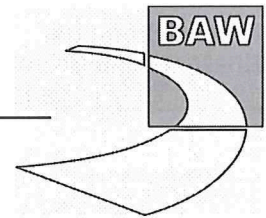
Die maßgebend am besten Vergleichswerte beziehen sich auf Gebäude, in denen die Wärme für Heizung und Warmwasser durch Heizkessel im Gebäude bereitgestellt wird.
 Soll ein Energieverbrauchskennwert verglichen werden, der keinen Warmwasseranteil enthält, ist zu beachten, dass auf die Warmwasserbereitung je nach Gebäudegröße 20 – 40 kWh/(m²a) entfallen können.
 Soll ein Energieverbrauchskennwert eines mit Fern- oder Nahwärme beheizten Gebäudes verglichen werden, ist zu beachten, dass hier normalerweise ein um 15 – 30 % geringerer Energieverbrauch als bei vergleichbaren Gebäuden mit Kesselheizung zu erwarten ist.

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A_N) nach Energieeinsparverordnung. Der tatsächlich gemessene Verbrauch einer Wohnung oder eines Gebäudes wird insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab.

* EFH = Einfamilienhäuser, MFH = Mehrfamilienhäuser

Bild 2: Muster eines Energieausweises



In Deutschland wurde die Richtlinie in der Vornorm DIN V 18599 umgesetzt, aber auch in VDI 2067, VDI 3807, VDI 3808, VDI 4710 Bl. 2, VDI 2078, VDI 6007. Da sich rund 80% der Nicht-Wohngebäude in Deutschland in öffentlicher Hand befinden, bedarf es keines Propheeten, um die Anforderungen an die öffentliche Hand zu sehen.

Aus dem kommunalen Sektor ist bekannt, dass bis zu 20% des Verwaltungshaushaltes durch die Bewirtschaftung der Immobilien gebunden werden. Rund 40% ließen sich durch Energieeinsparungen einsparen, was insgesamt 8% des Verwaltungshaushaltes ausmachen würde.

Die Einsparung von End- und Primärenergie und die Verminderung von Emissionen beim Neubau und bei der Modernisierung von Gebäuden sind Ziele der novellierten Energieeinsparverordnung 2007.

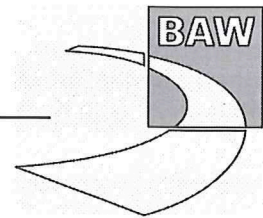
Deutschland ist das einzige europäische Land, das seine CO₂-Emissionen im Verkehr gesenkt hat. Einspar-Reserven bzw. Reserven für den Klimaschutz liegen aber noch in nicht unbeträchtlichem Ausmaß in der Sanierung von Altbauten und bestehenden Bauten. Zur Verdeutlichung: Die Bundesregierung hatte für ein CO₂-Gebäudesanierungsprogramm 1,5 Mrd. Euro bereitgestellt, aus dem 265.000 Wohneinheiten modernisiert und ca. 1 Mio t CO₂ eingespart wurden. Das Potenzial von Heizkosteneinsparungen liegt in Deutschland bis 2020 bei 40 Mrd. Euro. Die Bundesregierung plant z.B. mit Ländern und Kommunen einen Investitionspakt, um öffentliche Gebäude besser zu dämmen. Ein Beispiel, das sich auch öffentliche Verwaltungen zum Vorbild nehmen sollten !

Wie kann dies umgesetzt werden ?

Energiesparen wird möglich durch den Einsatz neuer hocheffizienter Technologien. Energiesparen ist zukünftig für öffentliche Verwaltung nicht nur eine Option, sondern ein Muss. Deutschland ist im Übrigen führend in der Entwicklung neuer hocheffizienter Technologien; technische Innovationen für mehr Effizienz können sich zukünftig zum Exportschlager entwickeln.

Energieverluste können z.B. reduziert werden über Fenster- und Fassadensysteme, Geothermiesonden und -kollektoren, Luft-Erdwärmetauscher sowie Solar- und Photovoltaikanlagen.

Die oberflächennahe Geothermie stellt z.B. jährlich im Wohnungsbau Wachstums-Rekorde auf. Erdwärmesysteme sind komfortabel und wartungsarm. Sie versorgen Gebäude zuverlässig mit Heizenergie und warmen Wasser. Bei effizient ausgelegten Anlagen stammen ca. drei Viertel der Energie aus der Erde und etwa ein Viertel aus dem Antrieb der Wärmepumpe.

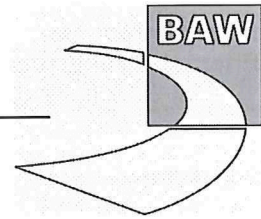


Solarenergie bietet sich zum Heizen von Gebäuden an, jedoch sind Heizungsperioden in der Regel sonnenarme Zeiten, was entweder ein starkes Energie-Speichersystem oder eine intelligente Kopplung mit anderen Systemen erforderlich macht. Solarheizsysteme werden daher üblicherweise mit einem fossilen Heizsystem kombiniert.

Zusammenspiel auf der Ebene erneuerbarer Energieträger würde die Kombination von Anlagen zur Erdwärmenutzung mit denen zur Solarnutzung sein. Bei einem derartigen „geosolarthermischen“ System würde im Winter die Wärmepumpe dem Erdreich Wärme zum Heizen entziehen. Im Sommer erhalte das Erdreich die überschüssige Energie aus der Solaranlage. Dadurch steht im Winter im Erdreich relativ mehr Wärme zur Verfügung, so dass die Wärmepumpe weniger leisten muss und weniger Energie verbraucht.

Wie Sie sehen, gibt es viele Ideen und Ansätze, Energie einzusparen und CO₂-Emissionen zu reduzieren. Einer WSV, die den umweltfreundlichen Verkehrsträger Schifffahrt betreut, stünde es gut an, in ihrem eigenen Verwaltungsbereich entsprechend umweltfreundliches und nachhaltiges Handeln zu zeigen.

Lassen Sie uns deshalb Energie sparen statt zu verschwenden, packen wir's an !

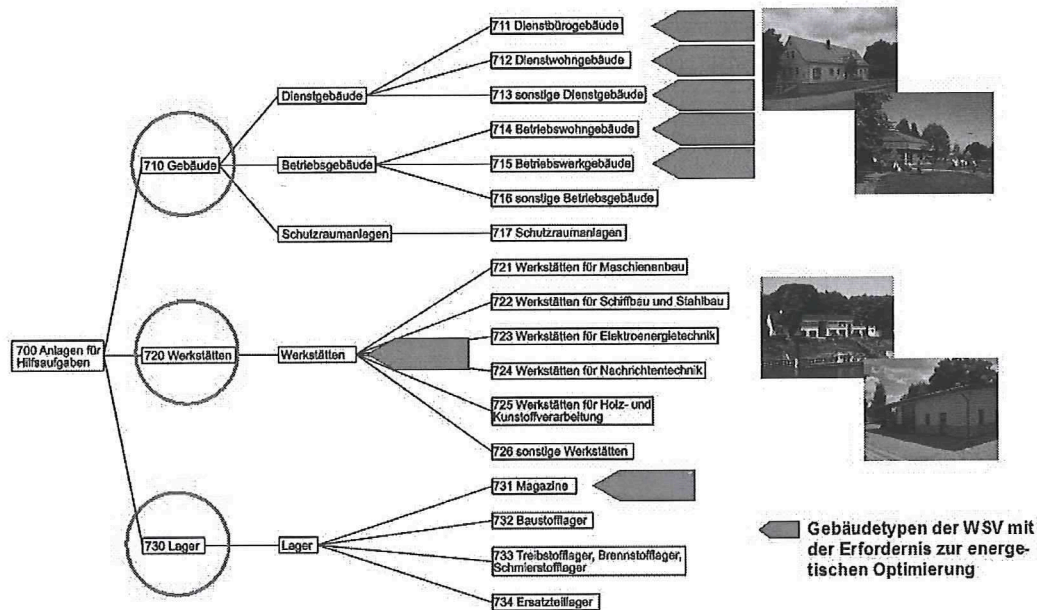


Dipl.-Ing. U. Beuke, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe
Energieoptimiertes Bauen im Kontext von Ästhetik und Effizienz

Die aktuelle Diskussion zum Thema CO₂-Ausstoß ist auch in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung angekommen und wird hier nun verstärkt geführt, mit dem Ziel Energieleitlinien für den WSV-eigenen Gebäudebestand und für die zukünftige Planung zu generieren.

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) besitzt ein großes Anlagevermögen. Einen wesentlichen Anteil haben daran Hochbauten. Dieser Anteil hat sich noch durch die Wiedervereinigung erhöht. Gemeint sind die Gebäudetypen, die für den Ausbau und Neubau sowie die Unterhaltung der Bundeswasserstrassen, den Betrieb der Schifffahrtsanlagen, dem Setzen und Betreiben von Schifffahrtszeichen und dem Wasserstands- und Hochwassermelddienst erforderlich sind. Das gilt für den Binnenbereich und die Küste.
Im Objektkatalog sind die Gebäudetypen aufgeführt.

Energetische Optimierung im Kontext zwischen Effizienz und Ästhetik



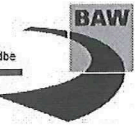
VV-WSV 1102 Objektkatalog-Teil II / Begriffe zur Objektgruppe 700

graphik: udb



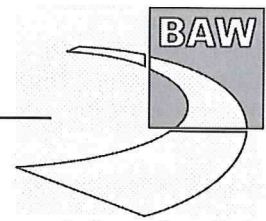
BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau

Referat B 4 | Udo Beuke | Stand: 10.05.2007



Graphik: Objektkatalog

Da CO₂-Einsparungspotenziale verstärkt im Bestand zu erzielen sind, soll vorrangig die bestehende Bausubstanz analysiert und im Hinblick auf energetische Ertüchtigungsmaßnahmen strukturiert und katalogisiert werden, um dann daraus Schlussfolgerungen für die Umsetzung zu definieren.



Die BAW sieht hier die Möglichkeit das Thema über ein FuE-Vorhaben anzustoßen. Am Beispiel des Bauhofes in Regensburg wird im Kolloquium aufgezeigt, welche Möglichkeiten zur energetischen Effizienzsteigerung bestehen.

Mit der Erfassung der wesentlichen Gebäudetypen, wie Büro-, Betriebs- und Wohngebäude soll untersucht werden, welche Möglichkeiten im operativen Bereich im Rahmen der Bauunterhaltung bestehen, um die Gebäude den Standards der Energieeinsparverordnung anzupassen.

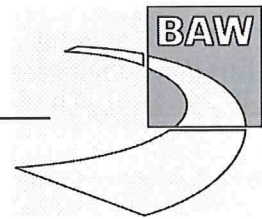
Ein Höchstmaß an Energieverbrauch und damit an CO₂-Ausstoß entsteht durch den Neubau von Gebäuden. Ein Höchstmaß an CO₂-Einsparung lässt sich naturgemäß nur durch „Nicht Bauen“ erreichen.

Da „Nicht Bauen“ eine unrealistische Position ist, kann nur „Weniger Bauen“ helfen. „Weniger Bauen“ lässt sich nur mit Gebäuden erreichen, die eine lange Nutzungsdauer haben und leicht umzunutzen sind.

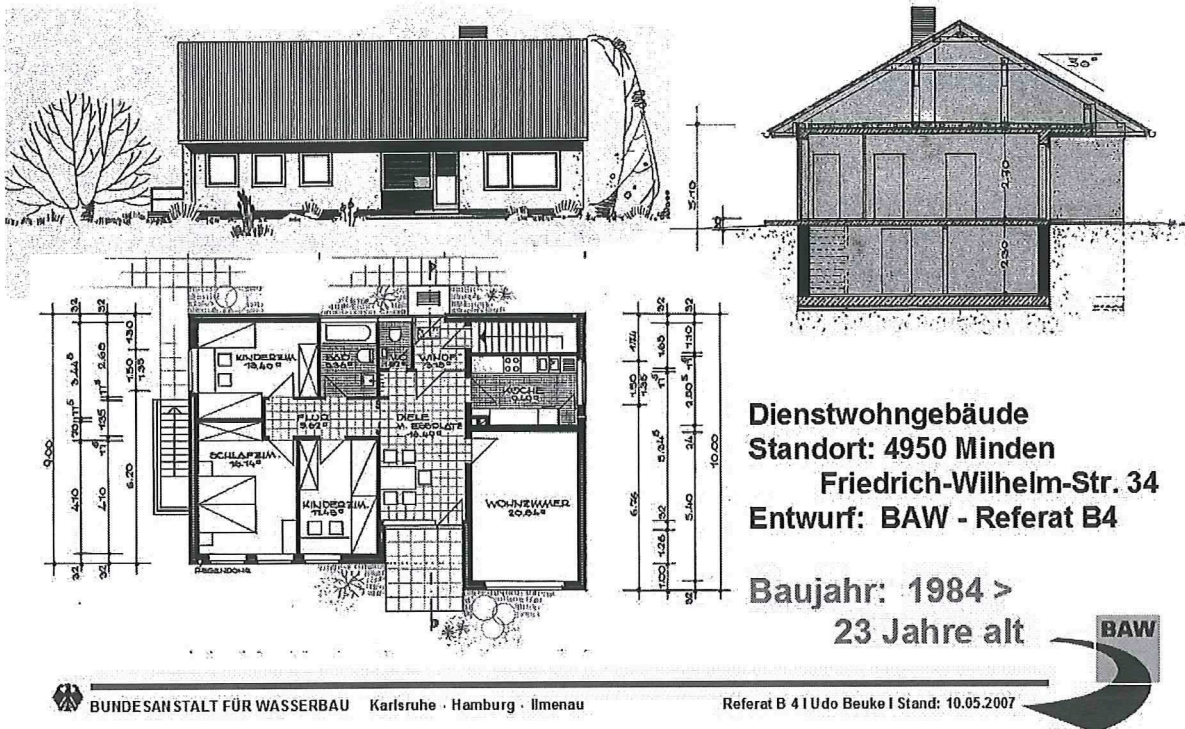
Wenn nun Langlebigkeit und Nutzungsflexibilität zur Entwurfsmaxime werden, lassen sich durch Rückgriff auf den hervorragenden Gebäudebestand der WSV weitere Einsparungspotenziale erschließen. Unter diesen Gesichtspunkten ist auch die Entscheidung zu verstehen, ein Informationszentrum in Magdeburg nicht neu zu bauen, sondern in das vorhandene Betriebsgebäude zu integrieren.

Bei der Betrachtung des Energieaufwandes von Gebäuden sind nicht nur die Betriebskosten entscheidend, sondern auch der Verbrauch für die Herstellung der Baumaterialien und ihren Transport. Ebenso sind bei dieser ganzheitlichen Betrachtung die Stoffkreisläufe zu beachten, d.h. die Aufwendungen für das Recycling der Baustoffe und der damit verbundenen Trennung der Materialien.

Neben den Dienstbürogebäuden hat das Hochbaubüro über Jahre hinweg viele Dienstwohngebäude geplant und mit den Ämtern gebaut. Nach der Residenzpflicht waren die Außenbeamten gehalten, mit ihren Familien auf dem Gelände des Außenbezirkes zu „residieren“. Dazu erhielten sie eine Dienstwohnung. Vielfach waren das einfache Einfamilien- oder Reihenhäuser. Einen Boom erlebte dieses Bauprogramm nach der Wiedervereinigung in den neuen Bundesländern. Während hier verstärkt die Wärmeschutzverordnung ihre Anwendung fand, sind die Gebäude im Westen aus den 60ziger und 70ziger Jahren in energetischer Hinsicht stark sanierungsbedürftig. Hier hat sich über Jahre hinweg ein Sanierungsstau aufgebaut.



Energetische Optimierung im Kontext zwischen Effizienz und Ästhetik

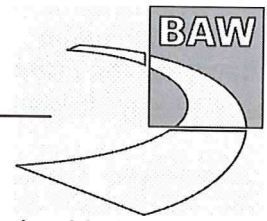


Bei der Aufstellung eines Sanierungskonzeptes ist zu beachten, dass eine Vielzahl von Parametern die energetischen Sanierungsmaßnahmen beeinflussen kann.

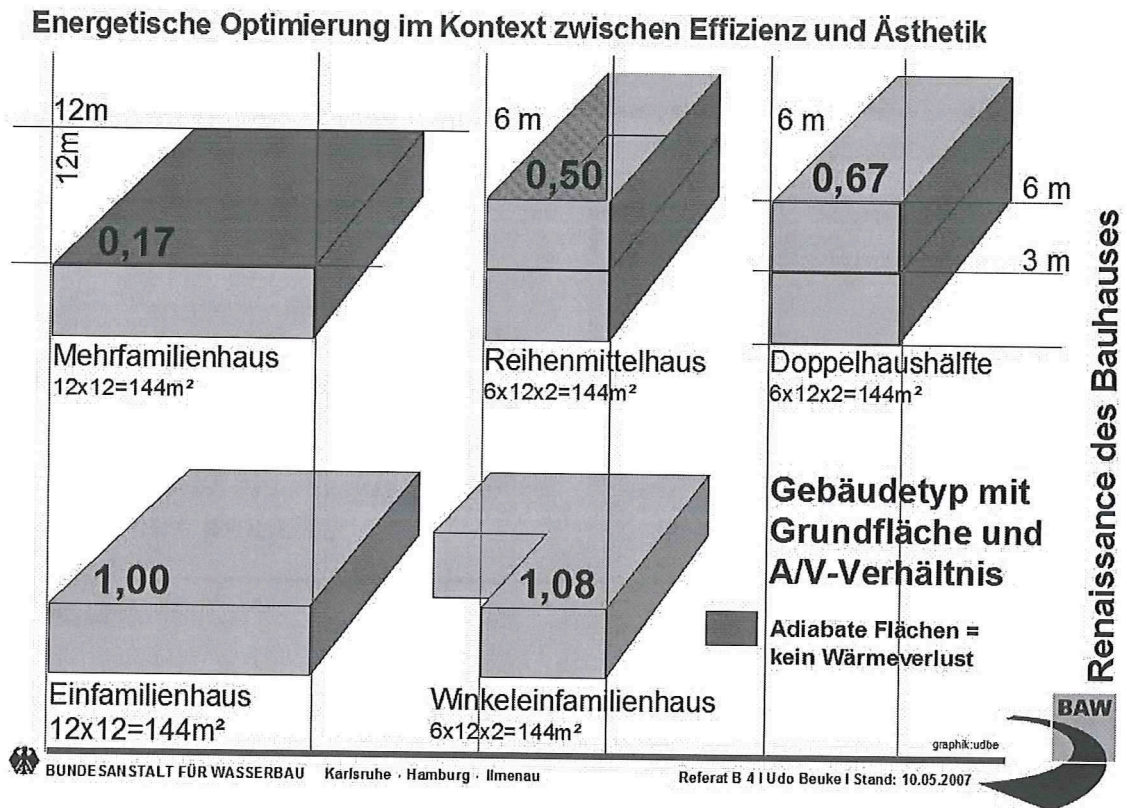
Das gilt erst recht für den Neubau. Schon bei der Grundstückwahl ist die mögliche Disposition des Gebäudes auf dem Grundstück von entscheidender Bedeutung. Wind und Schatten sind als negative Einflussgrößen zu beachten. Mehrgeschossige Nachbargebäude mit ihren langen Schatten wirken sich negativ auf den Energiehaushalt unserer Gebäude aus. Sonnenlagen sind zu bevorzugen. Im Zusammenhang bebauter Ortsteile §34-Baugesetzbuch (BauGB) und in Bebauungsplangebiet ist die Geschossflächenzahl (GFZ) zu beachten.

Der beste Energiestandard nützt nichts, wenn das Gebäude nur über den Individualverkehr erschlossen wird. Die Anbindung an den ÖPNV ist hier von entscheidender Bedeutung. Der CO₂-Ausstoß der Pendler macht die erhöhten Aufwendungen für den Niedrigenergiehaus-Standard schnell wieder zunichte.

Die Einflussmöglichkeiten bei der Grundstücksauswahl sind in der WSV relativ gering, da die Grundstücke, vielfach systembedingt, im Außenbereich nach BauGB liegen. Beim Neuerwerb bzw. beim Tausch von Grundstücken sind diese Gesichtspunkte verstärkt zu beachten. Die Wasserstrassen lagen, historisch betrachtet, immer vor den Toren der Stadt. Wenn auch die Expansion der Stadtquartiere unsere Wasserstraße inzwischen vereinnahmt hat, gibt es doch noch viele Liegenschaften, die fernab jeglicher Bebauung liegen. Hier sind dann Optimierungsmaßnahmen am Gebäude vorzunehmen.

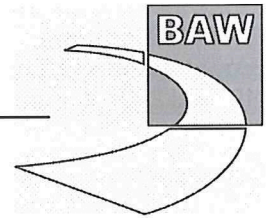


Die absolute Kenngröße überhaupt ist das A/V-Verhältnis. Gemeint ist das Verhältnis von Außenfläche des Gebäudes zu seinem Volumen. Je kleiner dieser Wert ist, um so günstiger ist der Jahresheizwärmebedarf.

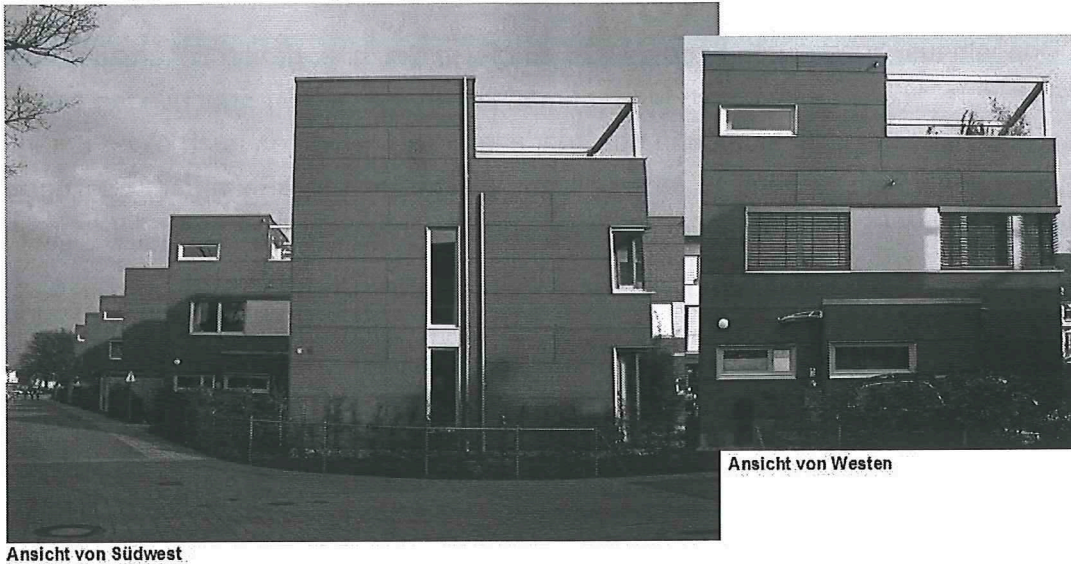


Die Idealform ist die Kugel. Allerdings lässt sich die Kugel als Arbeits- und Wohnraum schlecht nutzen. Insofern sind Betrachtungen zu diesem Thema nicht über das Experimentierstadium hinaus gekommen.

Einige berühmte Beispiele seien hier trotzdem genannt. Das ist das berühmte Kugelhaus von Weimar, das wiederaufgebaut zeigt, wie man mit erheblichem Aufwand doch noch eine adäquate Gebrauchstauglichkeit sicherstellen kann. Hier, in der Nähe von Karlsruhe, in Jockgrim gibt es ebenfalls ein Kugelhaus. Der Zimmermann Johann Wilhelm Ludovici (1896-1983) hat einen Prototyp entwickelt. Die große Serie ist es aber nie geworden. Bleibt noch das Atomium in Brüssel zu nennen, dessen Knoten ebenfalls an kugelförmige Bauteile erinnern.



Energetische Optimierung im Kontext zwischen Effizienz und Ästhetik

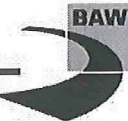


Würfelhäuser der Volkswohnung in Karlsruhe - Nordstadt



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau

Referat B 4 | Udo Beuke | Stand: 10.05.2007



Graphik: Würfelhäuser mit optimalem A/V-Verhältnis

Nach der Kugel ist der Würfel die dem Optimum unmittelbar folgende Architekturform mit dem optimalen Verhältnis von A zu V.

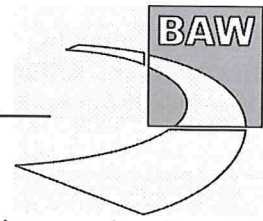
Hier lässt sich eine Nutzung leichter unterbringen.

Auch dazu gibt es ein schönes Beispiel in der Nähe. In der Nordstadt stehen Würfelhäuser der Volkswohnung. Allerdings sind hier Modifikationen in Form der Dachterrasse vorgenommen worden, die dann den A/V-Wert wieder verschlechtern. Die reine Lehre ist vielleicht doch zu simpel.

Das sind Beispiele für singuläre Lösungen, wie es die Planung auf der „Grünen Wiese“ erlaubt. Die Dienstwohngebäude unserer Außenbezirke gehören dazu. Sie haben den Charakter von Einfamilienhäusern.

Im städtebaulichen Kontext ergibt sich ein etwas anderes Bild. Hier ist die Geschosswohnung die optimale Bauform mit dem sehr günstigen A/V-Verhältnis und zwar die innen liegende Wohnung. Sie hat im günstigsten Fall nur eine Kontaktfläche zur Außenluft.

Ist das Bauprogramm wesentlich kleiner, braucht man nur fünf Dienstwohnungen für das Schleusenpersonal, ist das Reihenhaushaus ein optimierter Haustyp. Hat das Referat B4 noch in den Sechzigern mit raumbildenden Maßnahmen Aufenthaltsqualität in der Hauszeile geschaffen, ist heute der stranggepresste Reihenhaustyp ohne Versatz in Grundriss und An-



sicht gefragt. Individualisierung gibt es nur über das Farbklima. Die Toleranzschwelle wird angehoben.

Das Doppelhaus, auch davon hat die WSV einige im Bestand, gehört schon zu den schlechten Vorbildern. Hier sind vorrangig Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung erforderlich. Die unterschiedlichen Klimadaten in der Bundesrepublik verlangen auch einen unterschiedlichen Kompensationsaufwand für energetische Ertüchtigungsmaßnahmen. So liegt der Sanierungsaufwand für den Bauhof in Würzburg deutlich höher als der Aufwand für den Abz in Breisach.

In diesem Vorwort zum Kolloquium soll aufgezeigt werden, welche Folgen die Energieeinsparverordnung auf die Architektur hat. Bewegen wir uns hin zu einer Banalarchitektur, die nur aus Kuben besteht und das widerspiegelt, was in der abstrakten Malerei der Kubismus war?

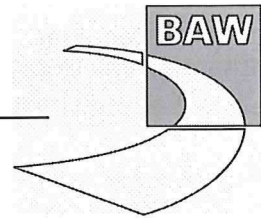
Immer ist Architektur Ausdruck der Funktion eines Gebäudes. Jedoch hat der Städtebau der Nachkriegszeit gezeigt, dass reine Funktionsabdeckung nicht ausreicht. Die Unwirtlichkeit unserer Städte und die daraus resultierende Landflucht waren das Ergebnis. Auch die „Charta von Athen“, mit dem von Le Corbusier geforderten Paradigma der Trennung von Wohnen und Arbeiten, ist im wesentlichen überholt.

Neues Denken verlangt die Rückführung der Familie in die Stadt. Mischnutzungen sind zu genehmigen.

Nachverdichtung heißt das Zauberwort. So lässt sich der CO₂-Ausstoß senken.

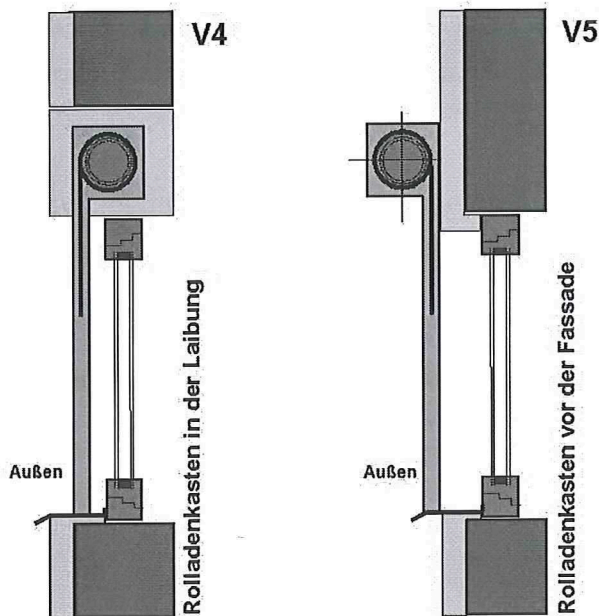
Auf die Architektur bezogen bedeutet das, eine Architektur an zu bieten, die über die reine „Kistenarchitektur“ hinausgeht. Es müssen Qualitäten aufgezeigt werden, die zwar nicht mit den städtebaulichen Qualitäten mittelalterlicher Städte konkurrieren können, aber ein Maximum an Lebensqualität bieten. Für die heutige Ausprägung von Daseinsbewältigung mit all ihren Schattierungen an zeitgemäßen Lebens- und Wohnmodellen sind Angebote mit einer akzeptierten Architektur anzubieten. Der Wohlfühlfaktor bringt den entscheidenden Kick.

Denn Architektur ist nicht nur „Form follows function“, sondern auch „Form follows emotion“. Neugierig, wie denn energetisch optimierte Architektur im Sinne der EnEV aussieht, haben wir zu den konstruktiven Details des Wärmebrückenkatalogs die entsprechenden Ansichten generiert und dargestellt. Die Verwendung von Wärmedämm-Verbundsystem gibt zwangsläufig gewissen Architekturelemente vor und führt ebenso zwangsläufig zu einer Nivellierung von Fassadendetail im Bestand. Diesen Verlust an Gestaltqualität kann ich zwar in gewisser Weise ausgleichen, aber den Informationsgehalt einer Gründerzeitfassade erreiche ich nie. Ist auch nicht gewollt.

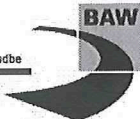


Auch die Hinwendung zur Einbeziehung von Sonne und Tageslicht in das Architekturkonzept führt zwangsläufig zu neuen Ansichtsmodellen von Gebäuden. Der Sonnenschutz wird optional als Gestaltungselement eingesetzt oder er wird hinter der Fassade versteckt. Die optimale Ausnutzung von Tageslicht zur Senkung der Stromkosten führt zu Fensterdetails, die bis an die Unterkante der Decke gehen und dabei den Fenstersturz als Überzug in die darüberliegende Brüstung verschieben.

Energetische Optimierung im Kontext zwischen Effizienz und Ästhetik



Einbausituation der Fenster mit Rollladenkasten

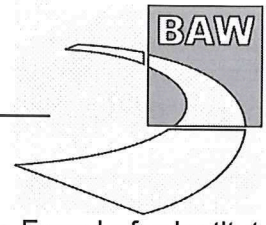


Graphik: Rollladenkasten als Architekturelement

Wenn Adolf Loos, post mortem, doch noch seine These von „Ornament und Verbrechen“ bestätigt sieht, dann aber unter ganz anderen Vorzeichen. Geblieben ist aber der nützliche Hinweis, dass die Architektur des Bauhauses hier und heute eine Leitbildfunktion übernehmen kann und schon übernommen hat.

Die architektonischen Qualitäten des Bauhauses werden wieder zu einem Gestaltungsleitbild einer zeitgemäßen Architektursprache, angereichert um die Zugaben digitaler High-Tech-Anlagen. Mit dieser Kombination lässt sich zukunftsorientiert planen und bauen. Sie beinhaltet gleichzeitig die Option für weitere Verschärfungen zum Energieeinsparen gerüstet zu sein.

Energiearchitektur in der WSV zeigt sehr konsequent die Erweiterung des Bauhofes in Regensburg von Frau Seidel aus dem Referat B4 der BAW.



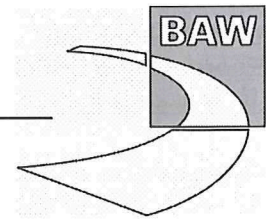
Diese Baumaßnahme ist auch Grundlage eines kleinen Auftrages an das Fraunhofer Institut in Freiburg mit dem Ziel, weitere Optionen zu Verbesserung des Bestandes auf zu zeigen.

Wir möchten anstoßen und sensibilisieren für das Thema „Energetische Ertüchtigung“ bei den Sachbearbeitern in der WSV, die mit dem Hochbau im weitesten Sinne beschäftigt sind. Die Bundesverwaltung geht hier mit gutem Beispiel voran. Die obersten Bundesbehörden erhalten sukzessive ihren Energieausweis. Die Aufstellung der Energieausweise für Nichtwohngebäude zeigt Herr Dipl.-Ing. Markfort von der TU Berlin in seinen Vortrag.

Herr Horschler, Architekt aus Hannover, wirkt entscheidend mit am Referentenentwurf zur neuen Energieeinsparverordnung (EnEV). Er zeigt uns die praktischen Folgen zum Bauen nach der EnEV.

Die bauphysikalischen Problemzonen werden uns von Frau Bethmann vorgestellt. Frau Bethmann von der Uni Karlsruhe ist dort wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Bauphysik und technischer Ausbau.

Mit diesem hoch interessanten Programm starten wir in das diesjährige Kolloquium des Referates B4.



Dipl.-Ing. Freda Bethmann, Fachgebiet Bauphysik & technischer Ausbau,
Universität Karlsruhe

Bauphysikalische Rahmenbedingungen

Energieeffizienz und Energieeinsparung sind derzeit im Vordergrund stehende Themen im Baubereich. Am 25. April 2007 hat die Bundesregierung die neue Energieeinsparverordnung (EnEV) beschlossen. Die Verordnung tritt voraussichtlich im Herbst 2007 in Kraft, bedarf jedoch noch der Zustimmung des Bundesrates. Bis dahin gilt die Energieeinsparverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom Dezember 2004 für Neubauten wie auch für Bestandsgebäude. Die Energieeinsparverordnung EnEV schreibt Richtwerte und Normen zur Berechnung für den Wohnungsbau wie auch für den Nicht-Wohnungsbau vor.

Für ein behagliches Raumklima ist neben dem Wärmeschutz auch der Feuchteschutz sehr wichtig. Einerseits um einen zuverlässigen Wärmeschutz zu gewährleisten, zum anderen um Schimmelbildung vorzubeugen und somit ein gesundes Raumklima aufrecht zu erhalten.

Zu einem guten Verständnis und einer besseren Beurteilung der einzelner Komponenten bis hin zu Maßnahmen sind Kenntnisse über bauphysikalische Eigenschaften notwendig. Während die Bauphysik verschiedene Bereiche wie Wärmeschutz, Feuchteschutz, Schallschutz, Tageslicht und Brandschutz beinhaltet, wird hier eine Auswahl wichtiger Bezugsgrößen und Zusammenhänge aus den Bereichen Wärmeschutz und Feuchteschutz vorgestellt.

Wärmeschutz in der Heizperiode:

Heizwärmebedarf – Der rechnerisch ermittelte Wärmeeintrag über ein Heizungssystem, der zur Aufrechterhaltung einer definierten Soll-Innenraumtemperatur benötigt wird.

$$Q_h = H_T + H_V - \varepsilon(Q_S + Q_I) \text{ [in kWh/(m}^2\text{a)]} \quad (\varepsilon \text{ eta})$$

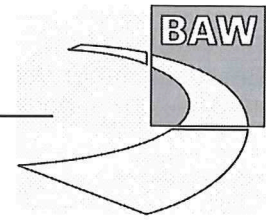
Jahres-Primärenergiebedarf – Endenergiebedarf zur Versorgung eines Gebäudes, der unter Beachtung der zusätzlichen Energiemenge durch sogenannte vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des jeweils eingesetzten Brennstoffs entsteht. $Q_P = (Q_h + Q_w) e_P$ [in kWh/(m²a)]

Geometrische Randbedingungen – das A/V_e-Verhältnis [in m⁻¹]

U.a. einflussgebend für die Grenzwerte des spezifischen auf die wärmeschützende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes H_T' (W/m²K) und des Primärenergiebedarfs Q_P'' (kWh/m²a).

Wärmeverluste:

Transmissionswärmeverluste eines opaken Bauteils: U-Wert [in W/(m²K)] zur Bewertung eines Bauteils λ -Wert (lambda) [in W/mK] zur Bewertung eines Baustoffes und Zusammenhänge H_T' [in W/(m²K)], der spezifische auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust.



U-Wert eines Fensters – Berechnung nach DIN EN ISO 10077, Teil 1

Der Temperaturkorrekturfaktor F_x – Faktor, bei der Berechnung des Transmissionswärmeverlustes, der die an das Bauteil grenzende Situation berücksichtigt. z.B. Wand gegen Außen, Wand gegen unbeheizten Raum.

Wärmebrücke - (oft fälschlicherweise als Kältebrücke bezeichnet) ist ein Bereich in Bauteilen eines Gebäudes, durch den die Wärme schneller nach außen transportiert wird als durch die anderen Bauteile. Man unterscheidet konstruktive und geometrische Wärmebrücken [in $W/(m^2K)$].

Lüftungswärmeverluste – hierzu: Freie Lüftung, mechanische kontrollierte Lüftung Luftwechsel – Luftwechselzahl [in h^{-1}]

Wärmegewinne:

Solare Gewinne – der g-Wert von transparenten Bauteilen wie z.B. Fenstern Abhängigkeiten von U-Wert und g-Wert eines Fensters.

Ausrichtung der Fensterflächen – Abhängigkeit vom Sonnenverlauf übers Jahr Solare Einstrahlung in der Heizperiode [kWh/m^2] Interne Gewinne – Einfluss durch Personen, Abwärme von elektrischen Geräten und Beleuchtung [in W/m^2] wirksame Wärmespeicherfähigkeit von Bauteilen/Materialien [in $Wh/(m^3K)$]

Sommerlicher Wärmeschutz:

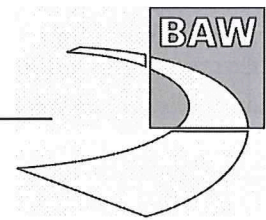
Bei den Wärmegewinnen ist insbesondere in Bürogebäuden darauf zu achten, dass sich diese in der Übergangszeit und in den Sommermonaten in Grenzen halten. Hier spricht man von Kühllasten, die nicht überschritten werden sollen.

Die Wärmespeicherfähigkeit von schweren Bauteilen dient während der Sommermonate bei geschicktem Einsatz auch als Medium zur Verzögerung der Raumaufwärmung. Auch hier besonders in Bürogebäuden bedeutsam.

Feuchteschutz:

Wichtig für einen effektiven Feuchteschutz ist eine Bauweise, durch die Feuchteintrag im Bauteil sowie das Ansammeln von Feuchte auf der raumseitigen Oberfläche eines Bauteils über einen längeren Zeitraum vermieden wird. Das heisst, dass weder die raumseitige Oberflächentemperatur noch die Schichtgrenztemperatur des Bauteils so niedrig sein soll, dass unter den vorhandenen Rahmenbedingungen die relative Feuchte 100% beträgt. Also gilt es Wärmebrücken möglichst zu vermeiden sowie dem Gebäude eine möglichst konsistent wirk-same Wärmedämmung zu geben.

Bei der Betrachtung von raumseitigen Oberflächentemperaturen und Bauteil-Schichtgrenztemperaturen kann unter Berücksichtigung der klimatischen Randbedingungen eine Einschätzung zum voraussichtlich zu erwartenden Feuchteausfall bzw. Feuchteintrag gemacht werden. Größen, anhand derer man eine Bewertung des Feuchteintrages machen kann, sind hier der Wasserdampfdiffusionswiderstand (Baustoffkennwert), die einzelne Baustoffdicke im Bauteil sowie der μ -Wert ($mü$), die wasserdampfäquivalente Luftschichtdicke.



Bei der Betrachtung von Wärmebrücken ist neben dem U-Wert besonders der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient, der ψ -Wert (psi), sowie der Temperaturfaktor f relevant. Konstruktive Regeln zur Vermeidung von Tauwasser: Minimierung von Wärmebrücken, Wärmedämmung möglichst weit aussen anbringen, Baustoffe mit höherem Wasserdampfdiffusionswiderstand im Bauteil möglichst weit innen anbringen.

Wände atmen nicht! Lüften ist die einzige effektive Methode um Feuchtigkeit aus einem Raum zu bringen.

Für kurzzeitige Feuchteintrags-Spitzen können Pufferzonen wie beispielsweise ein Lehmputz vorteilhaft sein.

Ein rundum behagliches seiner Funktion angemessenes Gebäude, das energieeffizient betrieben wird, soll das Ziel einer energetischen Sanierung sein.

Literaturempfehlungen (**eine Auswahl**):

Lohmeyer, Gottfried C. O.; Bergmann, Heinz; Post, Matthias: Praktische Bauphysik.
5., überarb. Aufl. 2005 Teubner
ISBN 3-519-45013-5

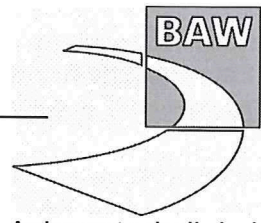
Pistohl, Wolfram: Handbuch der Gebäudetechnik
Band 2: Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Energiesparen.
6., Neubearb. u. erw. Aufl. 2007 Werner, Neuwied
ISBN 3-8041-4681-3

Horschler, Stefan; Jagnow, Kati: Planungs- und Ausführungshandbuch zur neuen EnEV 2007.
2., aktualis. u. überarb. Aufl. 2007 Bauwerk
ISBN 3-89932-163-4

Wagner, Andreas: Energieeffiziente Fenster und Verglasungen.
Hrsg. v. Fachinformationszentrum Karlsruhe. BINE Informationsdienst 3. Aufl. 2007 Solarpraxis TÜV Media
ISBN 3-934595-61-8

Normen, Richtlinien:

Energieeinsparverordnung 2004 - Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV)
Stand: Kabinettsbeschluss 26.05.2004



Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) – Entwurf, Stand: 16. November 2006

DIN 4108 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden

Beiblatt 2 – Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele (März 2006)

Teil 2 – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz (Juli 2003)

Teil 3 – Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung (Juli 2001)

Teil 6 – Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs (Vornorm, Juni 2003)

DIN EN 832 – Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs – Wohngebäude (Juni 2003)

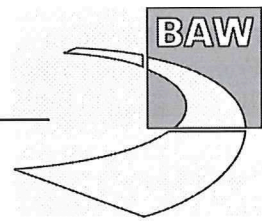
DIN EN ISO 6946 – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (Entwurf, Juni 2005)

DIN EN ISO 10077 – Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Teil 1 – Vereinfachtes Berechnungsverfahren (Entwurf, August 2004)

DIN EN ISO 13789 – Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient – Berechnungsverfahren (Oktober 1999, Entwurf Juni 2005)

Alle Normen erhältlich im Beuth-Verlag, Berlin GmbH



Dipl.-Ing. Karin Seidel, Bundesanstalt für Wasserbau

Energetische Gebäudesanierung – Stauerstand Schwabenheim

1. Einleitung

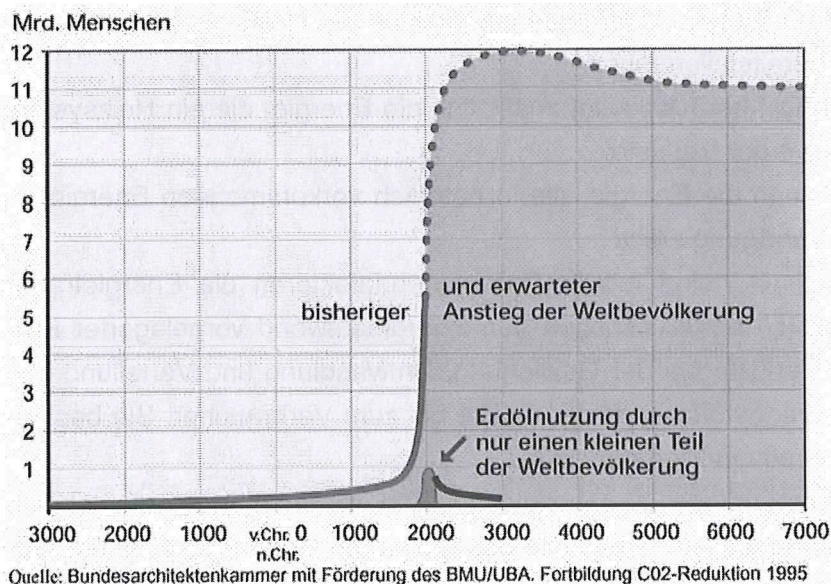
Der Klimawandel, derzeit Thema in allen Medien, ist ein gewaltiges Problem, auf das sich die Menschheit vorbereiten muss. Der Bericht der Klimawissenschaftler und der Regierungsvertreter, macht darauf aufmerksam, dass nur noch wenig Zeit verbleibt, das Ziel, die Erderwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts unter 2 Grad zu halten, zu erreichen.

Die Senkung der CO₂-Emissionen spielt hierbei eine entscheidende Rolle.

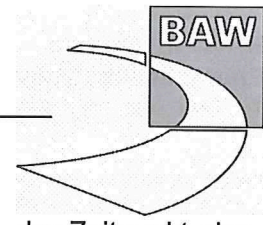
Auf nationaler und auch auf internationaler Ebene wurden in den Konferenzen von Kyoto und Nairobi entsprechende Ziele formuliert.

Mit Absichtserklärungen lässt sich die Gefahr globaler Klimaveränderung jedoch nicht abwenden. Vielmehr muss auf allen Ebenen, beim Staat, der Wirtschaft und auch im persönlichen Umfeld, angesetzt werden. Zum Schutz des Klimas unserer Erde und zur Schonung der verfügbaren Ressourcen für spätere Generationen ist eine kurzfristige Verringerung des Energieverbrauchs dringend notwendig.

Die Weltbevölkerung wird momentan auf rund 6,6 Milliarden geschätzt und ein weiterer Anstieg ist zu erwarten. Nur für einen kleinen Teil der Gesamtbevölkerung, zu dem wir Europäer uns glücklicherweise zählen dürfen, besteht die Möglichkeit der Erdölnutzung.



Doch mit zunehmender Bevölkerungszahl steigt der Energiebedarf kontinuierlich weiter an. Aufstrebende bevölkerungsreiche Länder wie beispielsweise China und Indien wollen zu recht den Standard der Industrienationen erreichen, gleichzeitig steigt der Energiebedarf der Industrieländer, allen voran der USA, weiter.



Die Experten streiten sich zwar noch, ob das globale Ölfördermaximum, der Zeitpunkt also, an dem die globale Ölfördermenge abnimmt, oft auch als Peak-Oil bezeichnet, bereits überschritten ist oder noch nicht, in einem Punkt sind Sie sich jedoch einig: die Vorräte der fossilen Energieträgern sind endlich. Die Verfügbarkeit von Erdöl wird früher oder später stetig abnehmen und der Angebotsrückgang kann nur durch Energieeinsparungen und Ersatzstoffe ausgeglichen werden.

Der Bund muss seiner Vorbildfunktion im Bereich des Klimaschutzes unbedingt nachkommen. Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung sollte ihren Beitrag dazu leisten, indem Sie ihren Bestand an Hochbauten energetisch saniert und Neubauten energieeffizient plant und umsetzt. Das größte Einsparpotential liegt in der Bestandssanierung, da Deutschland bereits dicht bebaut ist.

2. Berechnung des Primärenergiebedarfs gem. Energieeinsparverordnung - Zusammenhänge und Begriffe

Seit 1. Februar 2002 ist die 1. Energieeinsparverordnung (EnEV) in Kraft getreten. Sie fordert ein bestimmtes Niveau für den Wärmeschutz von Gebäuden und gilt vorrangig für neue Gebäude, in einem festgelegten Umfang auch für den Gebäudebestand. Für die energetische Betrachtung eines Gebäudes müssen verschiedene Größen berechnet werden, deren Begrifflichkeiten und Bedeutung im folgenden erläutert werden:

Der Jahres-Heizwärmebedarf (Q_h) ist die Wärmemenge, welche ein Heizsystem für alle beheizten Räume über ein Jahr bereitstellen muss.

Der Jahres-Endenergiebedarf (Q_e) berücksichtigt zusätzlich die Energie, die ein Heizsystem für den Betrieb benötigt, inklusive der Verluste.

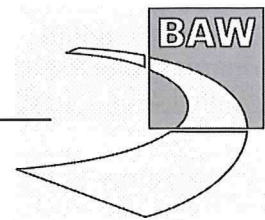
Als Primärenergie bezeichnet man die Energie, die in natürlich vorkommenden Energieformen oder Energieträgern zur Verfügung steht.

Im Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p) sind mittels Primärenergiefaktoren die Energieträger berücksichtigt. Diese Faktoren (f_p) berücksichtigen den Energieaufwand vorgelagerter Prozessketten, wie zum Beispiel Verluste bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des jeweils eingesetzten fossilen Brennstoffes von der Quelle bis zum Verbraucher. Sie bestimmen den Anteil der nichtregenerativen Primärenergie.

Die Jahres-Transmissionswärmeverluste (Q_T) bezeichnen die Wärmemenge, die jährlich aufgrund der Wärmeleitung durch die Außenbauteile des gesamten Gebäudes bzw. der Gesamtheit der beheizten Räume bereitzustellen ist.

Der Jahres-Primärenergiebedarf eines Gebäudes ist, neben den Transmissionswärmeverlusten, die unter normierten Randbedingungen zu ermittelnde Größe, die es nach EnEV zu begrenzen gilt.

Diese errechnete Energiemenge ermöglicht eine Vergleichbarkeit des Gebäudes mit dem Gebäudebestand Deutschlands und darf nicht mit dem tatsächlichen Verbrauch verwechselt werden. Der Energieverbrauch ist immer nutzerabhängig.



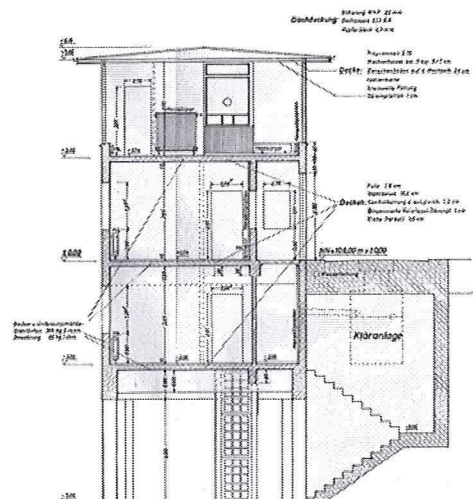
Wichtige Einheit für energetische Betrachtungen ist die Kilowattstunde [kWh]. Die Kilowattstunde ist die Einheit für Energie bzw. Arbeit oder Wärmemenge.

Ein Liter Heizöl und ein Kubikmeter Erdgas liefern bei Verbrennung in etwa zehn Kilowattstunden Wärmemenge; ein Kilogramm Holzpellets ca. fünf Kilowattstunden.

3. Bestandsanalyse Schleusenbetriebsgebäude Schwabenheim

Anhand des Schleusenbetriebsgebäudes in Schwabenheim wird das Energieeinsparpotential aufgezeigt, das durch eine energetische Gebäudesanierung erreicht werden kann.

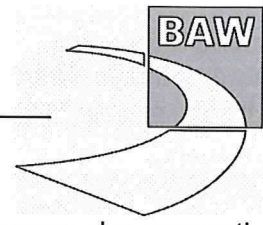
Grundlage ist eine möglichst genaue Bestandsanalyse mit anschließenden Sanierungsvarianten, welche in Bezug auf die zu erzielende Energieeinsparung beurteilt und verglichen werden.



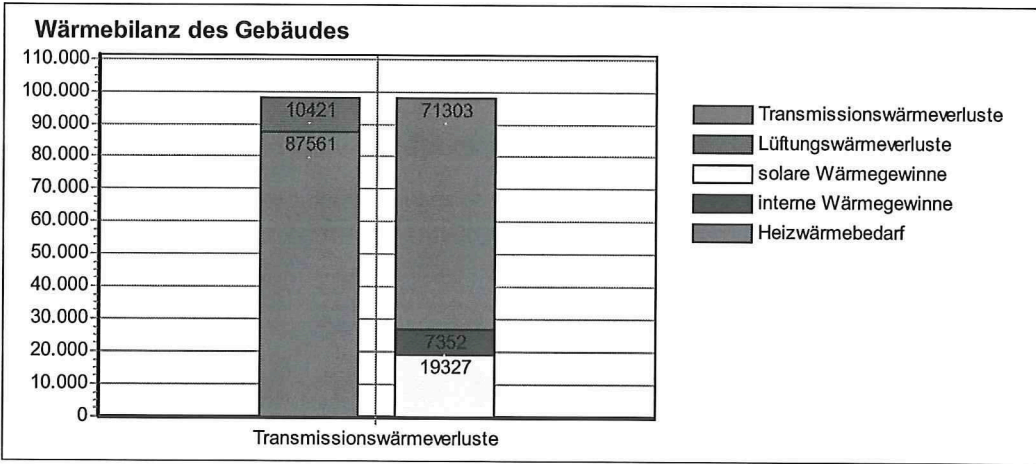
Im Jahre 1963 wurde das Betriebsgebäude in Massivbauweise aus Stahlbeton mit Innendämmung errichtet. Das Obergeschoss, in welchem der Steuerstand untergebracht ist, ist als leichte Stahlrahmen-Konstruktion aufgesetzt. Seitdem wurden an diesem Gebäude keinerlei Modernisierungsmaßnahmen vorgenommen, nur der Brenner der Ölheizung wurde 2002 erneuert.

Unter normierteren Randbedingungen wird zunächst der Jahres-Heizwärmebedarf (Q_h) des Gebäudes rechnerisch ermittelt. Der Jahres-Heizwärmebedarf ergibt sich aus der Summe der Transmissionswärmeverluste (Q_t), der Lüftungsverluste (Q_v) und des Warmwasserwärmebedarfes (Q_{tw}) abzüglich der solaren Gewinne (Q_s) und der internen Gewinne (Q_i):

$$Q_h = Q_t + Q_v + Q_{tw} - Q_s - Q_i$$



Die Summe der energetischen Verluste ist im Gleichgewicht mit der Summe der energetischen Gewinne plus Heizwärmebedarf, beide zusammen bilden die Wärmebilanz des Gebäudes. Für das Schleusenbetriebsgebäudes Schwabenheim stellt sich die Wärmebilanz folgendermaßen dar:

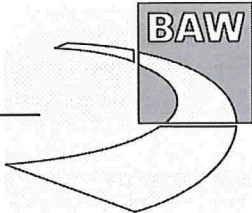


Auffällig sind die hohen Transmissionswärmeverluste, diese gilt es zu reduzieren. Die Fenster, mit Einfachverglasungen in Stahlrahmen, stammen noch aus dem Jahre 1964 und bilden mit ca. 48% den größten Anteil an den Transmissionswärmeverlusten.

3.1 Entwurf

Das Dach und das Obergeschoss sind abgängig und werden komplett erneuert. Die Stahlbetonwände der unteren Geschosse werden mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) versehen. Die Nord- und Südfassaden im Bereich des Sockelgeschosses werden von innen gedämmt, da diese unmittelbar das Lichtraumprofil der Schifffahrt begrenzen und dieses nicht weiter eingengt werden darf.





Die Fenster werden durch neue Fenster mit Wärmeschutzverglasung ersetzt, überflüssig gewordene Fenster, beispielsweise in den E-Technikräumen, werden geschlossen, um den Eintrag ungewünschter Wärmelasten zu minimieren.

Das Obergeschoss wird mittels Blindelementen strukturiert, die Fenster der Süd-, Ost- und Westseite werden mit außenliegendem Sonnenschutz versehen.

3.2 Variantenbildung

Im Anschluss an den Entwurf folgt die Variantenbildung für verschiedene energetische Standards.

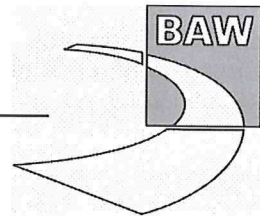
- Die Variante 1 erfüllt die nach EnEV geforderten Werte für Altbauten. Die Grenzwerte für "EnEV Altbau" liegen 40 Prozent über den gültigen Grenzwerten für Neubauten.

Folgende Maßnahmen werden am Gebäude vorgenommen.

Bauteil	Maßnahmen	U-Wert [W/m²K]
Außenwände	WDVS 8cm (WLG 035)	0,35
Bodenplatte	WDVS 8cm (WLG 035)	0,35
Oberste Geschossdecke	WDVS 8cm (WLG 035)	0,30
Fenster	Isolierverglasung in thermisch getrennten Rahmen	1,70
Anlage	Optimierung der Regelung, (55°/45°), Erneuerung der Thermostate	

- Die Variante 2 erfüllt die Forderungen der EnEV für Neubauten.

Bauteil	Maßnahmen	U-Wert [W/m²K]
Außenwände	WDVS 16cm (WLG 035)	0,19
Erdberührte Außenwand/ Süd- und Nordfassade SG	Innendämmung 6cm (WLG 025)	0,38
Bodenplatte	WDVS 20cm (WLG 035)	0,16
Oberste Geschossdecke	WDVS 20cm (WLG 035)	0,16
Fenster /Fenster OG	Isolierverglasung in thermisch getrennten Rahmen	1,50 /1,20
Anlage	Neuer Brennwertkessel (55°/45°), Erneuerung der Thermostate	

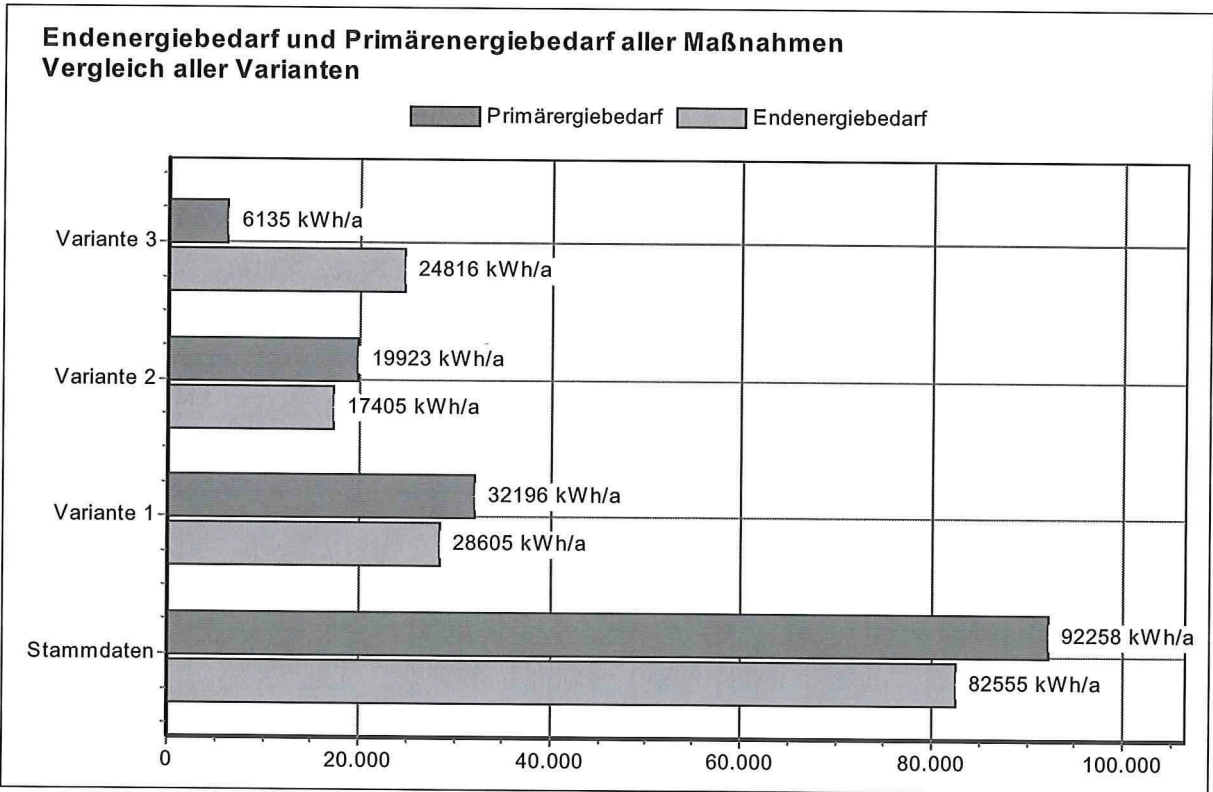


- Die Variante 3 ist hinsichtlich des Primärenergiebedarfes weiter optimiert.

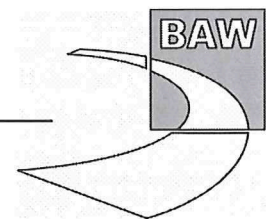
Bauteil	Maßnahmen	U-Wert [W/m²K]
Außenwände	WDVS 16cm (WLG 035)	0,19
Erdberührte Außenwand/ Süd- und Nordfassade SG	Innendämmung 6cm (WLG 025)	0,38
Bodenplatte	WDVS 20cm (WLG 035)	0,16
Oberste Geschossdecke	WDVS 20cm (WLG 035)	0,16
Fenster	Isolierverglasung in thermisch getrennten Rahmen	1,20
Anlage	Neue Pelletheizung (55°/45°), Erneuerung der Thermostate	

3.3 Vergleich aller Varianten mit dem Bestand

Durch die Verbesserung der Außenhülle reduzieren sich die Transmissionswärmeverluste von Variante 1 zu Variante 3 immer weiter, folglich mindert sich auch der Heizwärmebedarf des Gebäudes, so dass zur Aufrechterhaltung des gleichen Temperaturniveaus weniger Energie bereitgestellt werden muss.



Neben der Gebäudehülle ist die Anlagentechnik eine weitere Stellschraube, deren Effizienz sich direkt auf den Endenergiebedarf auswirkt und deren Energieträger im Primärenergiebedarf Berücksichtigung findet.



Vergleicht man End- und Primärenergiebedarf aller Maßnahmen, so fällt auf, dass beide Größen der Varianten 1 und 2 jeweils zurückgehen, der Endenergiebedarf der Variante 3 dagegen größer ist, als der Endenergiebedarf der Variante 2.

Dies beruht auf der Tatsache, dass in Variante 3 ein anderer Energieträger, nämlich Holzpellets statt Heizöl, zum Einsatz kommt, und die Anlagenverluste deshalb größer werden.

Betrachtet man den Primärenergiebedarf der Variante 3, so fällt die deutliche Reduktion dieser Größe gegenüber Variante 2 auf. Dies beruht auf dem Primärenergiefaktor, für Holzpellets beträgt dieser 0,2, für Heizöl 1,1.

Die Bewertung nach EnEV hinsichtlich Primärenergie berücksichtigt neben der Minimierung des Heizwärmebedarfes auch Klimaschutzgesichtspunkte, beispielsweise aus welchen Quellen die Energie stammt, die in den Primärenergiefaktoren berücksichtigt sind.

Die EnEV will dadurch den Einsatz regenerativen Energien vorantreiben und fördern.

Ein niedriger Primärenergiebedarf bedeutet geringe CO₂-Emissionen.

In nachfolgender Tabelle ist der CO₂- Ausstoß des Bestandes und der Varianten aufgeführt.

Maßnahmen	CO₂ (absolut in Kg/a)	Differenz (absolut in Kg/a)
Bestand	25.958	0
Variante 1	9.039	-16.919
Variante 2	5.565	-20.393
Variante 3	1.335	-24.623

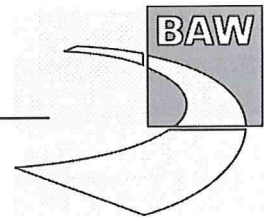
Eine energetische Gebäudesanierung des Schleusenbetriebgebäudes Schwabenheim bietet ein hohes Einsparpotential, sowohl an CO₂, als auch an Betriebskosten.

Die durchschnittlichen Heizkosten des Schleusenbetriebsgebäudes der letzten vier Jahre beliefen sich auf jährlich 3750,- € . Im Durchschnitt wurden 8800 Liter Heizöl pro Jahr getankt.

Bei Umsetzung der Variante 1 müssten jährlich nur 2900l Heizöl getankt werden.

Wird die Variante 2 realisiert ergeben sich Einsparungen von 7000l, bei einem Heizölpreis von 0,58ct pro Liter wären das rund 4000,- € /a.

Durch eine sinnvolle Abstimmung von Anlagentechnik, Gebäudehülle und Wahl des Energieträgers kann eine effektivere Energienutzung erreicht und ein kleiner Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.



Dipl.-Ing. Dirk Markfort, Insitut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken,
Technische Universität Berlin

Referentenentwurf der EnEV 2007 – Energieausweise

1 Einführung EnEV 2007

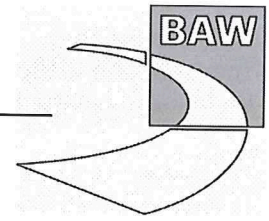
Die EU Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vom 16. Dezember 2003 war von der Bundesregierung bis zum 04. Januar 2006 in nationales Recht umzusetzen. In Teilbereichen ist die Richtlinie bereits durch die Einführung der EnEV 2002 umgesetzt. Da sie aber auch über bestehendes nationales Recht hinausging, musste das Energieeinspargesetz entsprechend geändert werden. Die Neufassung ist seit dem 08. September 2005 in Kraft. Zur weiteren Umsetzung der Richtlinie und damit auch zur weiteren Vertiefung der ganzheitlichen Betrachtung der energetischen Effizienz von Gebäuden wurde am 16. November 2006 der Referentenentwurf zur EnEV 2007 veröffentlicht.

Der weitere Fahrplan sah eine Neufassung der rechentechnischen Regeln zur Bilanzierung von Nichtwohngebäuden vor. Die DIN V 18599 mit Stand vom Juli 2005 wurde überarbeitet und ist in der Fassung vom Februar 2007 neu erschienen. Am 25. April 2007 wurde von der Bundesregierung der überarbeitete Referentenentwurf im Kabinett verabschiedet. Unter günstigen Voraussetzungen, d.h. mit Zustimmung der Länder im Bundesrat kann eine Umsetzung im Gesetzesblatt bis zum Juli 2007 erfolgen. Im Oktober 2007 wäre dann die Übergangsfrist abgelaufen und die EnEV 2007 in Kraft.

Die EU Richtlinie beabsichtigt als wesentliches Ziel die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden unter Berücksichtigung der jeweiligen äußeren klimatischen Bedingungen der Gemeinschaft, d.h. der Mitgliedsländer, zu verbessern. Dabei ist es sinnvoll, dass z.B. skandinavische Länder andere Anforderungen an Gebäude stellen dürfen als mediterrane Länder. Gleichwohl werden in der Richtlinie Anforderungen hinsichtlich der Berechnungsmethode, der Anwendung von Mindestanforderungen für den Neubau und Bestand, die Erstellung von Energieausweisen für Gebäude sowie der regelmäßigen Inspektion von Heizkesseln und Klimaanlage und der Überprüfung von Heizungsanlagen gestellt.

Mit der EnEV 2002 wurden bereits im Vorfeld Teilbereiche der neuen Anforderungen erfüllt. Wesentliche Neuerungen sind:

- unterschiedliche Bilanzierungsmethoden für Wohn- und Nichtwohngebäude,
- die neue Anforderungsmethodik für Nichtwohngebäude nach dem Referenzgebäudeverfahren,
- die obligatorische Einführung von Energieausweisen im Gebäudebestand bei Verkauf oder Vermietung),



- die Aushangpflicht von Energieausweisen für öffentlich, stark frequentierte Gebäude mit mehr als 1000 m² Nutzfläche an gut sichtbarer Stelle sowie
- die regelmäßige Inspektion von Klimaanlage.

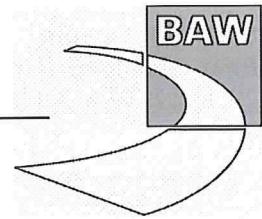
Energieausweise sind in Deutschland für einzelne Gebäude auszustellen, nur bei wenigen Ausnahmen darf eine liegenschaftsweise Ausstellung oder eine Ausstellung für Teilbereiche eines Gebäudes erfolgen. Weiterhin sind einem Energieausweis (Verbrauchsausweis und Bedarfsausweis) Modernisierungsempfehlungen beizufügen. Sie bilden eine Einheit. Lediglich beim Neubau oder modernisierten Gebäude kann auf die Hinweise verzichtet werden. Unabhängig vom im Ausweis dargestellten Ergebnis der energetischen Beurteilung eines Gebäudes dient der Ausweis lediglich der Information. Aus ihm lassen sich keine rechtlichen Anforderungen an den Besitzer ableiten. Der Eigentümer ist lediglich verpflichtet einem Käufer oder neuem Mieter den Ausweis bei beabsichtigtem Kauf oder Vermietung zugänglich zu machen.

2 Energieausweise

Der Energieausweis ist vom Grundsatz her ein Dokument, das die energetische Qualität eines Gebäudes abbildet und das diese Qualität vergleichbar macht bzw. bewertet. Die Bewertung erfolgt mithilfe eines sogenannten Bandtachs auf dem der Istwert und zugehörige Vergleichswerte dargestellt sind. Insgesamt sind vom Verordnungsgeber sieben Seiten für das Formular des Energieausweises vorgegeben. Von diesen sieben Seiten sind zwei Seiten für den Aushang und fünf Seiten mit Erläuterungen für den Eigentümer gedacht. Die zwei Aushangseiten sind für die Darstellung des Energiebedarfs (Bedarfsausweis) und des Energieverbrauchs (Verbrauchsausweis) gedacht. Die weiteren fünf Seiten sind für allgemeine Angaben zum Gebäude, zur differenzierten Darstellung des Energiebedarfes und des Energieverbrauches des Gebäudes, sowie zur Erläuterung der Bewertung der energetischen Qualität und der Benennung von Modernisierungshinweisen gedacht.

Darüber hinaus sind freiwillige ergänzende Anlagen möglich, aus deren Umfang und Genauigkeit auf die Qualität des Ausweises rückgeschlossen werden kann. Diese sollten mindestens folgende Punkte umfassen:

- Beschreibung des Gebäudes, der technischen Gebäudeausrüstung und der bauphysikalischen Parameter,
- Zonenbenennung mit Flächenangabe,
- Benennung der getroffenen Annahmen und Vereinfachungen,
- Beschreibung der Referenzgebäudeausführung sowie
- Bemerkungen zur Verbrauchsermittlung



Die Frage der Ausstellungsberechtigung von Energieausweisen wird in der EnEV geregelt. Eine uneingeschränkte Ausstellungsberechtigung für Energieausweise bestehender Gebäude gilt für Absolventen von Diplom-, Bachelor- und Masterstudiengängen an Universitäten, Hochschulen, Fachhochschulen in den Bereichen:

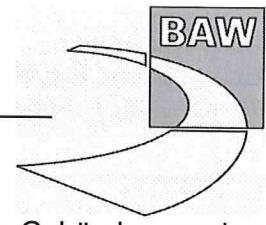
- Architektur,
- Hochbau,
- Bauingenieurwesen,
- Technische Gebäudeausrüstung,
- Bauphysik,
- Maschinenbau und
- Elektrotechnik, wenn

eine der nachfolgend aufgelisteten Zusatzvoraussetzungen erfüllt ist:

- eine erfolgreiche Fortbildung im Bereich des energiesparenden Bauens, die den Anforderungen des Anhangs 11 des Referentenentwurfs der EnEV (Anforderung an die Inhalte der Fortbildung) entspricht
- im Studium ein Ausbildungsschwerpunkt im Bereich des energiesparenden Bauens oder nach dem Studium eine mindestens zweijährige Berufserfahrung in wesentlichen bau- oder anlagentechnischen Tätigkeitsbereichen des Hochbaus
- eine öffentliche Bestellung als vereidigter Sachverständiger für ein Sachgebiet im Bereich des energiesparenden Bauens oder in wesentlichen bau- und anlagentechnischen Tätigkeitsbereichen des Hochbaus
- uneingeschränkte Bauvorlageberechtigung (unbestimmte Gewerke nach bauordnungsrechtlicher Vorschrift der Länder)

3 Berechnungsbeispiel Modernisierung

Für die Darstellung der Auswirkung von Modernisierungsmaßnahmen an einem Gebäude wurde ein durchschnittliches energetisches Ausgangsniveau vor der Sanierung auf Basis realer Verbrauchsdaten ermittelt. Das Ausgangsniveau war Basis für die Berechnung anrechenbarer Energieeinsparungen.



Die geometrischen Abmessungen und die Nutzungsstruktur (Zonen) des Gebäudes wurden bewusst einfach gehalten und sind einem Forschungsprojekt zur Weiterentwicklung der Anforderungsmethodik der EnEV entnommen:

- Gebäudelänge 60 m
- Gebäudebreite 14 m
- Gebäudehöhe ohne Keller 19,8 m
- A/V_e 0,28 m⁻¹

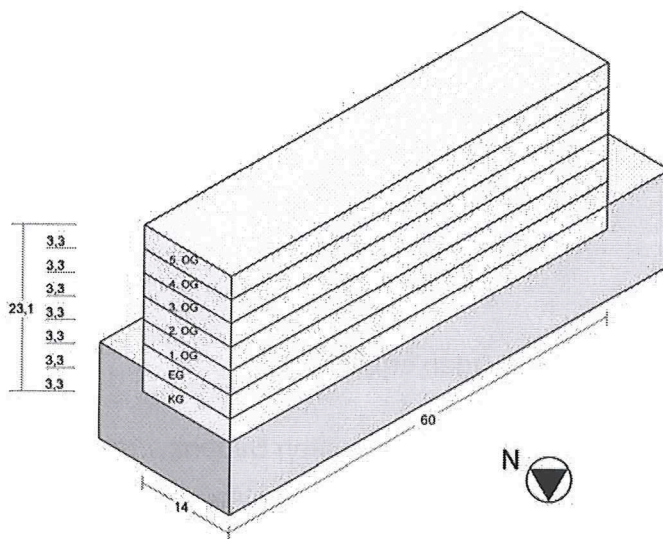


Bild 1: Standard-Bürogebäude

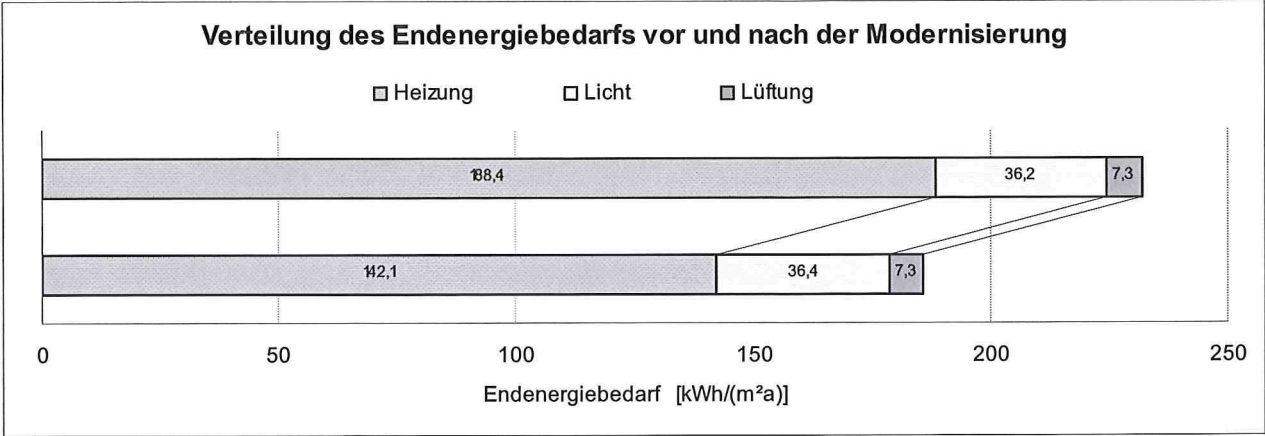
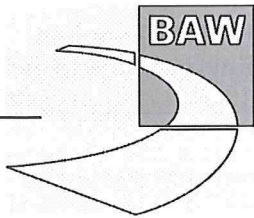
Die Obergeschosse wurden als normalbeheizt und das Kellergeschoss als unbeheizt angenommen. Das Baujahr des Gebäudes und der Anlagentechnik wird mit dem Jahr 1979 angenommen. Der Fensterflächenanteil soll 38% betragen. Folgende Zonen wurden berücksichtigt: Gruppenbüro, Besprechungsraum, Flur, Treppenhaus, Toilette, Aufzug, Teeküche, Lager, Technik und Foyer.

3.1 Erneuerung der Fenster

Der U-Wert der Fenster verbessert sich von $U_w = 3,1$ auf $U_w = 1,4$ W/(m²K).

Weitere Änderungen:

- Gesamtenergiedurchlassgrad ohne Sonnenschutz von 0,78 auf 0,65
- Gesamtenergiedurchlassgrad mit Sonnenschutz von 0,10 auf 0,06
- Lichttransmissionsgrad der Verglasung von 0,82 auf 0,78



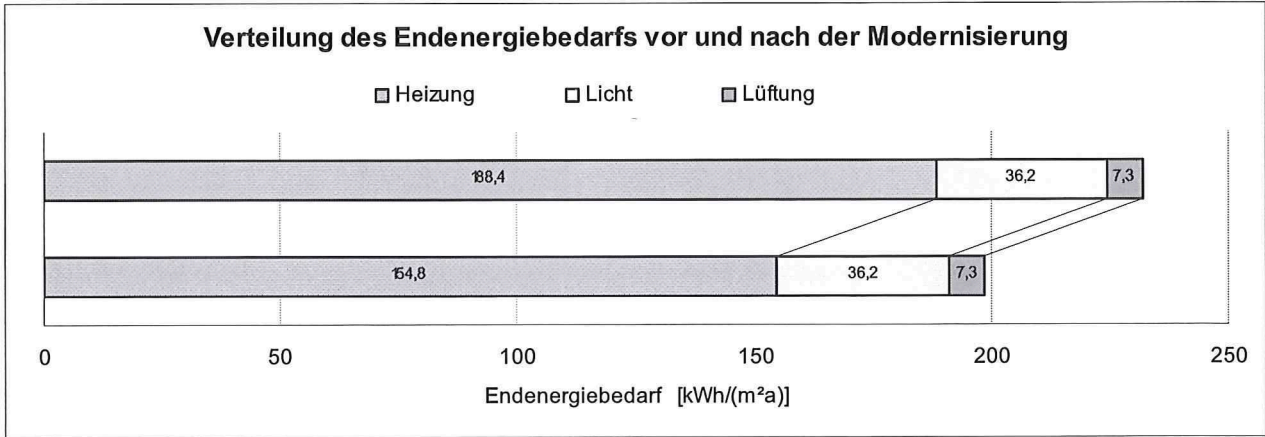
Energie	Einheit	Heizung	TWW	Licht	Lüftung	Kühl.+Bef.	gesamt
Endenergie IST-Geb.	[kWh/m²a]	188,4	0,0	36,2	7,3	0,0	232,0
Endenergie MOD 1.4	[kWh/m²a]	142,1	0,0	36,4	7,3	0,0	185,9
Änderung Endenergie	%	-24,5	0,0	+0,4	0,0	0,0	-19,9

Bild 2 Verteilung des Endenergiebedarfs vor und nach Fensteraustausch beim Beispielgebäude

3.2 Modernisierung der Heizungsanlage

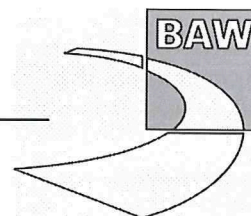
Folgende Maßnahmen wurden berücksichtigt:

- Ersatz des Standard-Gaskessels durch einen Brennwertkessel,
- Einsatz geregelter Pumpen,
- hydraulischer Abgleich des Rohrnetzes und
- Erneuerung der Rohrdämmung



Energie	Einheit	Heizung	TWW	Licht	Lüftung	Kühl.+Bef.	gesamt
Endenergie IST-Geb.	[kWh/m²a]	188,4	0,0	36,2	7,3	0,0	232,0
Endenergie MOD 1.6	[kWh/m²a]	154,8	0,0	36,2	7,3	0,0	198,4
Änderung Endenergie	%	-17,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-14,5

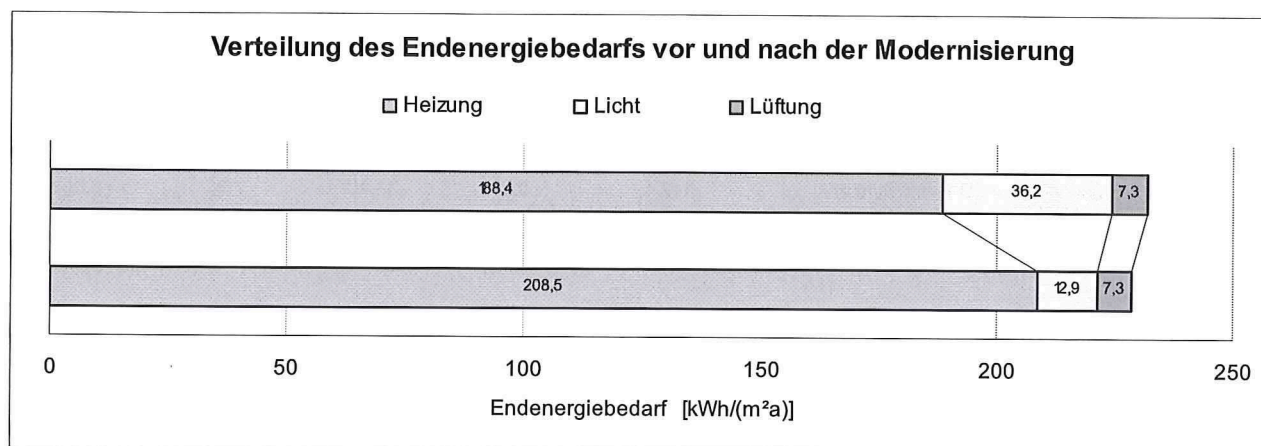
Bild 3: Verteilung des Endenergiebedarfs vor und nach Heizungsmodernisierung beim Beispielgebäude



3.3 Modernisierung der Beleuchtungstechnik

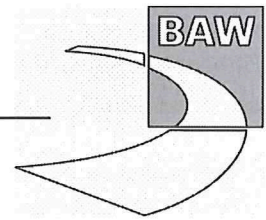
Folgende Maßnahmen wurden berücksichtigt:

- Ersatz der manuellen Steuerung durch tageslichtabhängige Steuerung,
- Ausrüstung aller Bereiche mit Präsenzmeldern und
- Ersatz konventioneller durch elektronische Vorschaltgeräte.



Energie	Einheit	Heizung	TWW	Licht	Lüftung	Kühl.+Bef.	gesamt
Endenergie IST-Geb.	[kWh/m²a]	188,4	0,0	36,2	7,3	0,0	232,0
Endenergie MOD 1.5	[kWh/m²a]	208,5	0,0	12,9	7,3	0,0	228,8
Änderung Endenergie	%	+10,7	0,0	-64,4	0,0	0,0	-1,4

Bild 4: Verteilung des Endenergiebedarfs vor und nach Modernisierung der Beleuchtungsanlage beim Beispielgebäude



Dipl.-Ing. Arch. Stefan Horschler, Büro für Bauphysik, Hannover
Energieeinsparverordnung – Anspruch und Wirklichkeit

Der Bauherr hat verschiedene öffentlich-rechtliche Pflichten beim Hausbau zu beachten. Hierbei unterstützt ihn entweder der Architekt oder ein Bauträger kümmert sich um diese Belange. Neben Fragestellungen der Standsicherheit, des Brand- und Schallschutzes sind u.a. die Anforderungen des Wärmeschutzes zu erfüllen. Die öffentlich-rechtlichen Anforderungen an den Wärmeschutz werden in der „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - (EnEV)“ geregelt. Zwei Jahre sind seit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung vergangen. Inzwischen liegen umfassende Erfahrungen bei der Anwendung und Umsetzung vor.

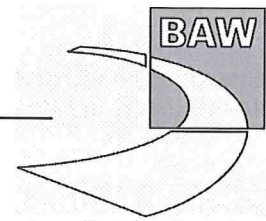
In der Energieeinsparverordnung werden für zu errichtende Gebäude Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz **und** Anforderungen an die Anlagentechnik in einem Nachweisverfahren und einer Nachweisgröße im sogenannten Jahres-Primärenergiebedarf zusammengefasst behandelt. Der Jahres-Primärenergiebedarf stellt einen primärenergetisch bewerteten Endenergiebedarf dar. Für den Nutzer ist der **Endenergiebedarf** von großem Interesse, da dieser die berechnete Energiemenge, die dem Heizungssystem des Gebäudes zur Deckung des Heiz- und Trinkwarmwasserbedarfs zugeführt werden muss. Hierbei werden unter normierten Randbedingungen die zu erwartenden Verluste des Gebäudes und die der Anlagentechnik ermittelt. So die Theorie. Bei einem Vergleich von tatsächlichen Verbrauchsdaten mit den gerechneten Bedarfswerten können große Unterschiede auftreten. Folgende Ursachengruppen können hier genannt werden:

Ursachengruppe 1: Normative Randbedingungen des Nachweises

Bei der Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs wird mit einer **mittleren Innentemperatur von 19 °C** gerechnet und mit monatlichen **Außentemperaturen, die dem Standort Würzburg** entsprechen. Erhöht der spätere Nutzer bei einem mittleren Dämmstandard die Innentemperatur von 19 °C auf 20 °C erhöht sich der Jahres-Heizwärmebedarf eines Einfamilienhauses von 65,49 auf 72,45 kWh/(m²·a), was einer **Erhöhung von rund 10 %** entspricht.

Bei der Ermittlung des Lüftungswärmeverlustes wird eine mittlere Luftwechselrate für das Gebäude von 0,7 h⁻¹ berücksichtigt. Diese setzt sich aus drei Anteilen zusammen:

Luftwechselanteil, hervorgerufen über Undichtheiten, Luftwechselanteil, hervorgerufen über Fensterlüftung, Luftwechselanteil, hervorgerufen über eine Lüftungsanlage. Erhöht der Nutzer sein Lüftungsverhalten nachhaltig, so dass die Luftwechselrate um 0,1 h⁻¹ auf 0,8 h⁻¹ ansteigt, erhöht sich der Jahres-Heizwärmebedarf eines Einfamilienhauses von 65,49 auf 70,92 kWh/(m²·a), was einer **Erhöhung von rund 8 %** entspricht. Demgegenüber darf beim Nachweis die Luftwechselrate um 0,1 h⁻¹ auf 0,6 h⁻¹ reduziert werden, wenn die Gebäudedichtheit überprüft und hierbei entsprechende Grenzwerte nicht überschritten werden. Planer und Handwerker sollen hierdurch einen Anreiz erhalten, das zu tun, wozu sie ohnehin verpflichtet sind, nämlich ein luftdichtes Gebäude zu planen und herzustellen.



Bei der Ermittlung der internen Wärmegewinne werden mit einer sogenannten Gebäudenutzfläche multipliziert. Diese ergibt sich aus dem beheizten Gebäudevolumen V_e multipliziert mit einem Umrechnungsfaktor 0,32. Sie stellt damit eine fiktive Größe dar, die im Vergleich zur tatsächlichen Energiebezugsfläche i.d.R. um 25 % zu groß ist. Somit ergeben sich bei einem Einfamilienhaus zu große Wärmegewinne und eine entsprechende Erhöhung des Jahres-Heizwärmebedarfs von 65,49 auf 70,87 kWh/(m²·a), was einer **Erhöhung von nochmals rund 8 %** entspricht.

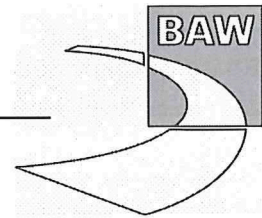
Werden weiterhin tatsächlich vorhandene Verschattungseinflussfaktoren abweichend von den normativen Randbedingungen allein über tatsächliche Rahmenanteile berücksichtigt, kann nochmals eine **Erhöhung von rund 3 %** eingerechnet werden, so dass am Ende allein auf der baulichen Seite ein Veränderungsmaß von fast 30 % resultiert.

Ursachengruppe 2: Normenkonforme Konstruktion

Sowohl in DIN 4108-2 als auch in der DIN EN ISO 6946 wird darauf hingewiesen, dass der Einbau von Wärmedämmstoffen ohne Hohlräume vorzunehmen ist. Verbleiben nennenswerte Fugen um den Wärmedämmstoff herum, so ist auf den Wärmedurchgangskoeffizient nach DIN EN ISO 6946 eine Korrektur einzurechnen. Wird ein Wärmedämmstoffeinbau wie in den Abbildungen 00 – 00 im Bereich eines geneigten Daches vorgenommen, ist eine Korrektur des ursprünglich gerechneten Wärmedurchgangskoeffizienten mit 0,15 W/(m²·K) von $\alpha U_g = 0,047 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ vorzunehmen. Bezogen auf den Jahres-Heizwärmebedarf ergibt sich eine Veränderung von 65,49 auf 67,26 kWh/(m²·a), was einer **Erhöhung von rund 3 %** entspricht.

Im Zuge der Ausführungsplanung und Ausschreibung sind Maßnahmen zur **Minimierung von Wärmebrückenwirkungen** zu planen und entsprechend später auch auszuführen. Die DIN 4108 Bbl 2 wird i.d.R. bei Nachweisen zur Grundlage der Planung genommen. Es existieren verschiedene Rechtsauffassungen, wonach das Beiblatt einen Standard „mittlerer Art und Güte“ beschreibt. Die „DIN 4108 Bbl 2 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Wärmebrücken Planungs- und Ausführungsbeispiele“ enthält Planungs- und Ausführungsbeispiele zur Minimierung von Wärmebrückenwirkungen. Der Bauherr sollte unbedingt darauf achten, dass eine entsprechende Detailplanung, zumindest aber ein Gleichwertigkeitsnachweis vorliegt und entsprechend vor Ort auf der Baustelle ausgeführt wird. Geschieht dies nicht (was sehr häufig in der Praxis anzutreffen ist), ergibt sich nicht nur hohes Schimmelpilzrisiko sondern auch eine Veränderung des Jahres-Heizwärmebedarfs von 65,49 auf 73,22 kWh/(m²·a), was einer **Erhöhung von rund 12 %** entspricht.

Im Zuge der Ausführungsplanung und Ausschreibung sind auch Maßnahmen zur **Minimierung von Undichtheiten** zu planen und entsprechend später auch auszuführen. Die DIN 4108-7 beschreibt Prinzipdarstellungen, die beim Aufstellen



eines Dichtheitskonzeptes zu berücksichtigen sind und entsprechend auf der Baustelle umzusetzen ist. Bei Nachweis der Gebäudedichtheit darf bei der Ermittlung des Lüftungswärmeverlustes die Luftwechselrate um $0,1 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden. Wird eine Reduzierung eingerechnet, dem hingegen die Gebäudedichtheit nicht nachgewiesen, ergibt sich eine Veränderung des Jahres-Heizwärmebedarfs von 60,08 auf 65,49 kWh/(m²·a), was einer **Erhöhung von rund 9 %** entspricht.

Ursachengruppe 3: Fehlende Qualitätssicherung

Seit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung wird in Durchführungsverordnungen (DVOs) der Länder gefordert, dass der Bauherr einen Sachverständigen zu beauftragen habe, der die Ausführung entsprechend der Vorgaben auf der gebäudetechnischen Seite stichprobenartig zu überprüfen und zu bestätigen habe. Eine entsprechende Forderung besteht auch für die anlagentechnische Ausführung durch die sogenannte Fachunternehmererklärung. Selten wird diese Art der Qualitätssicherung durchgeführt, so dass nicht nur der Bauherr eine nicht gesicherte Ausführungsqualität erhält, sondern sich entsprechend regelwidrig gegenüber den Forderungen der DVO verhält. Von der Planung bis zur Ausführung kann sich durch planerische und bauliche Änderungen eine Veränderung des Jahres-Heizwärmebedarfs von 65,49 auf 91,64 kWh/(m²·a) ergeben, was einer **Erhöhung von rund 40 %** entspricht.

Fazit

Angesichts dieser o.a. erschreckend hohen Diskrepanz zwischen Anspruch und Wirklichkeit wird dem Bauherrn unbedingt geraten eine entsprechende Qualitätssicherung durch eine qualifizierte Prüfinstitution zu beauftragen.

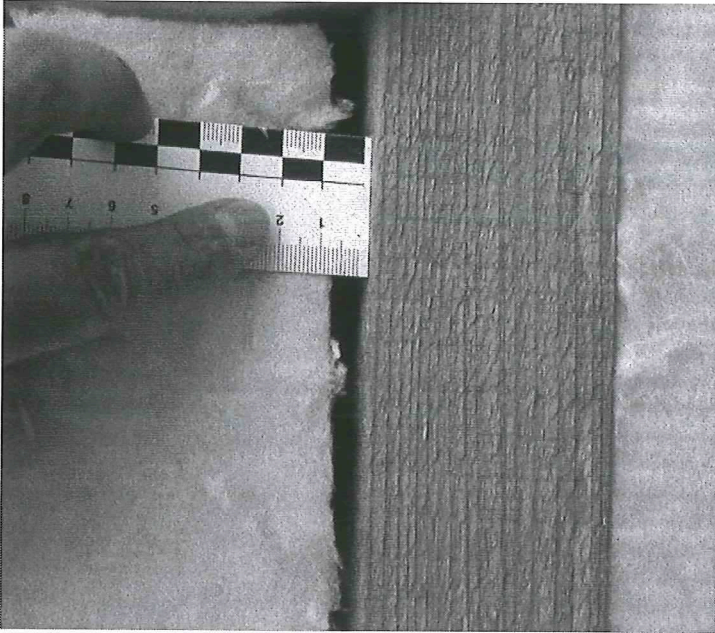


Bild 1: Fugen im Dämmstoff



Bild 2: Fugen und Hohlräume im Dämmstoff

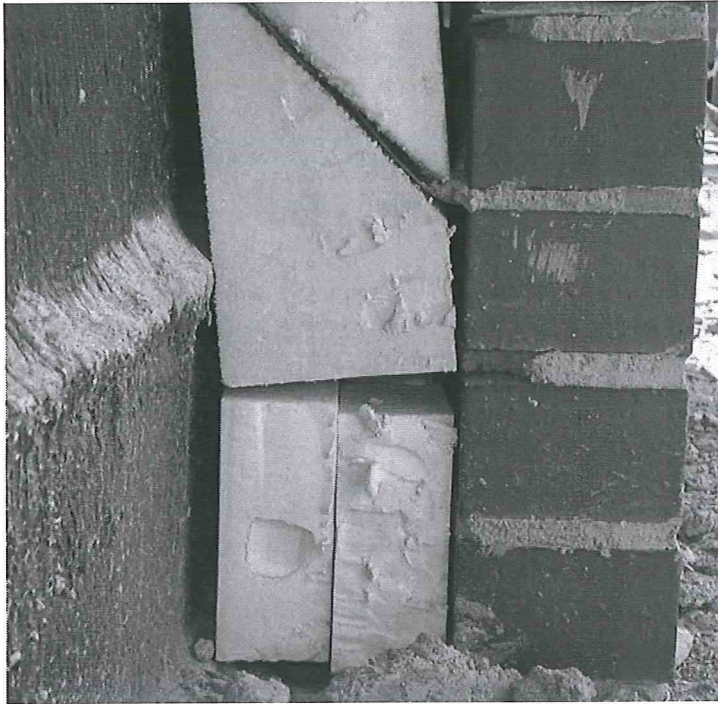


Bild 3: Hohlräume im Dämmstoff



Bild 4: massive Wärmebrückenwirkungen durch Sockelabschlussprofil

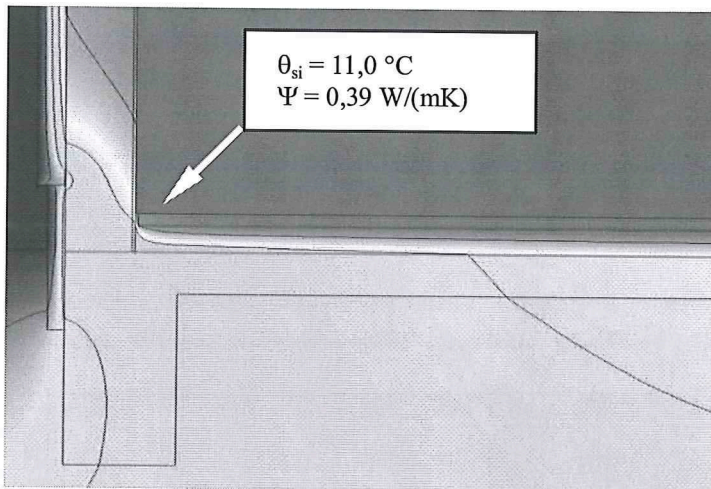
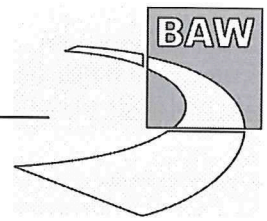


Bild 5: Ergebnis aus Bild 4. Fehlende Konformität zu den Vorgaben der DIN 4108 Bbl 2

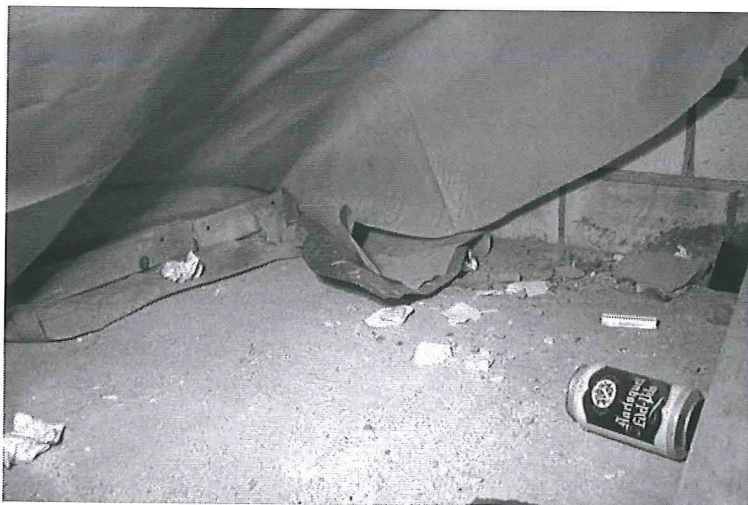


Bild 6: Fehlender Anschluss der luftdichten Schicht an das Mauerwerk.



Bild 7: Mängel im Anschluss luftdichte Schicht an Lüftungsrohr.

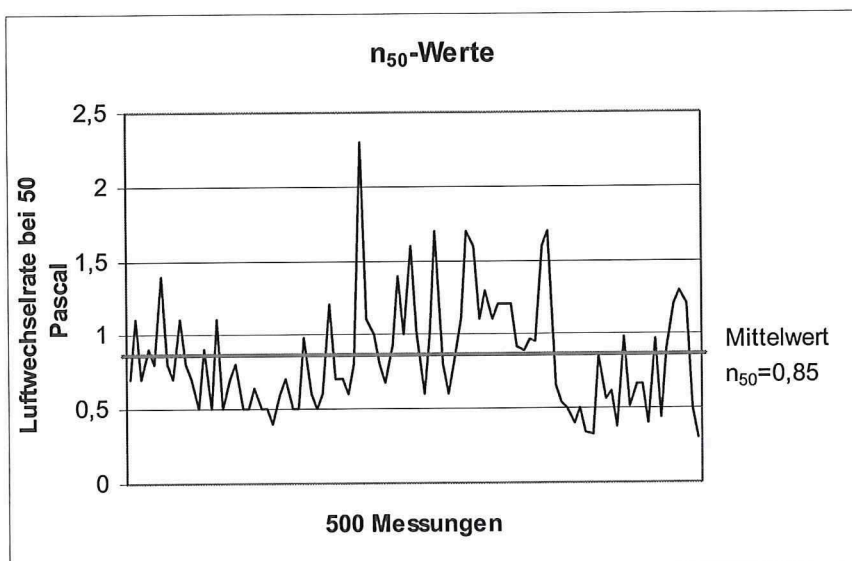
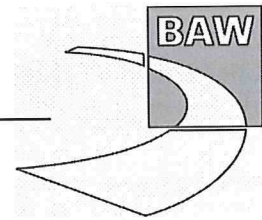


Bild 8: Positive Bilanz bei „qualitätsgesicherten“ Bauvorhaben bei der Durchführung von Messungen der Gebäudedichtheit.



Dipl.-Ing. Sebastian Herkel, Florian Kagerer, Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme, Freiburg

Energieeffiziente Planung im Neubau und Bestand am Beispiel Bauhof Passau

Im Rahmen des Förderprogramms "Energie Optimiertes Bauen - EnBau" des Deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie wurden seit 1998 über 20 Projekte aus dem Nichtwohnungsbereich gefördert, wenn der prognostizierte Primärenergiebedarf für die gesamte Gebäudetechnik 100 kWh/m²a nicht überschritten wurde. Ziel aller Demonstrationbauten ist die Verbindung einer hohen Arbeitsplatzqualität mit niedrigem Energieverbrauch. Entsprechend dieser Zielwerte und Vorgaben ist es nun Aufgabe, das Dienstgebäude der Bundesanstalt für Wasserbau BAW und den dazugehörigen Bauhof nach heute möglichen energetischen Standards in der Baupraxis umzusetzen.

1 Im Vordergrund steht die Arbeitsplatzqualität

In Bürogebäuden dominieren die Gehälter der Mitarbeiter in einer Jahreskostenbetrachtung, während die unmittelbaren Energiekosten meist deutlich unter 1% ausmachen [1]. Andererseits sind die Energiekosten oft der größte Einzelposten in den Nebenkosten, der so genannten „zweiten Miete“. Diese summiert sich im Falle eines voll klimatisierten Gebäudes in 50 Betriebsjahren auf etwa die Hälfte der Investitionskosten für das Gebäude.

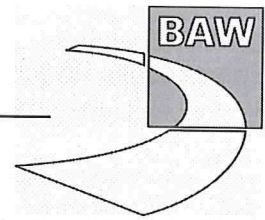
Wegen der hohen Bedeutung der Personalausgaben stehen optimale Bedingungen am Arbeitsplatz im Mittelpunkt einer Gebäudeplanung. Hohe Arbeitsplatzqualität trägt zur Zufriedenheit und Motivation der Mitarbeiter bei. Nur mit Gebäuden hoher Nutzungsqualität lassen sich auf einem hart umkämpften Markt langfristig sichere Renditen erzielen.

Maßnahmen zur Energieeinsparung sind vor allem in solchen Bereichen erfolgreich, in denen sich gleichzeitig positive Auswirkungen für die Nutzungsqualität ergeben.

2 Energieverbrauch in Verwaltungsgebäuden

Knapp ein Viertel des deutschen Gebäudebestands fiel 1995 in die Kategorie des Nichtwohnbaus. Während im Wohnungsbau die Bereitstellung von Wärme für die Raumheizung und Warmwasser mit 92% dominiert, kommt in den Bürogebäuden dem elektrischen Energieverbrauch eine wesentlich größere Bedeutung zu. Die dominierenden Einflussfaktoren auf den Stromverbrauch sind der Umfang und Energieeffizienz der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) für Beleuchtung, Lüftung und Klimatisierung sowie der Büroausstattung [2].

Im Betrieb von Bürogebäuden wird häufig angestrebt, eine hohe Arbeitsplatzqualität durch eine möglichst vollständige Entkopplung des Innenklimas vom Außenklima zu erreichen. Dabei treten trotz der mit dem Stromverbrauch verbundenen Wärmeentwicklung im Gebäude auf Grund des hohen Verglasungsanteils und der hohen Lüfterneuerungsraten hohe Heizwärmeverbräuche auf. Abbildung 1 zeigt qualitativ ein typisches Energieverbrauchsprofil als Funktion der Außentemperatur. Zu einem klimaunabhängigen Sockelbetrag des Energie-



verbrauchs wird unterhalb der Gleichgewichtstemperatur geheizt und befeuchtet, darüber gekühlt und entfeuchtet. Der Sockelbetrag resultiert aus der Geräteausrüstung und dem Leerlaufbetrieb der technischen Gebäudeausrüstung.

In der Praxis existieren kaum Tage, an denen weder geheizt noch gekühlt wird. Zeitweise wechseln sich zu Lasten des Energieverbrauchs Heizen und Kühlen im Tagesverlauf oder örtlich im Gebäude ab. Zudem erfolgt aus fehlender Kenntnis des Energieverbrauchs und bei Neubauten wegen fehlender Inbetriebnahme ein nicht optimaler Betrieb der Gebäude.

Auf Grund mangelnder Beeinflussbarkeit empfinden viele Nutzer Gebäude mit einer Klimatisierung trotz objektiv guten Raumklimas als unangenehm [7].

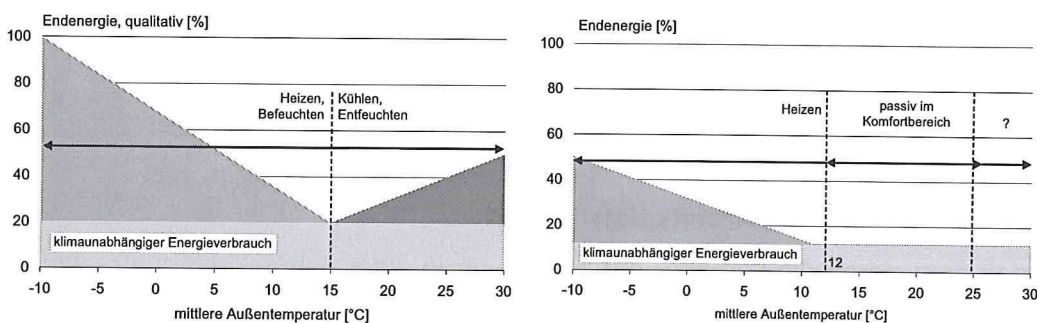


Abbildung 1: Endenergieverbrauch eines Bürogebäudes mit mäßigem Wärmeschutz und aktiver Kühlung (links) und eines „schlanken“ Gebäudes (rechts)

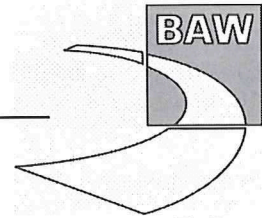
3 Schlanke Gebäude

In zunehmenden Maße werden Bürogebäude realisiert, die durch ein hohes Maß an individueller Einflussnahme auf das Raumklima den Bedürfnissen der Nutzer entsprechen und die Entkopplung von Raum- und Außenklima durch eine moderate Ankopplung ersetzen. Tageslichtorientierte Arbeitsplätze gehören ebenso zu den Merkmalen solcher Gebäude wie die Möglichkeit zur freien Lüftung durch offenbare Fenster. Der Verzicht auf eine sommerliche Aufbereitung der Zuluft durch aktives Kühlen oder Entfeuchten gelingt aber erst durch ein integral geplantes Maßnahmenpaket zur energieeffizienten Kühlung.

Auf Grund des geringeren Umfangs an raumluftechnischen Anlagen wurde für derartige Konzepte der Begriff der „schlanken Gebäude“ eingeführt [1]. In Analogie zu der Entwicklung von Passivhäusern des Wohnungsbaus besteht die Aufgabe, Gebäude so zu konzipieren, dass über einen großen Variationsbereich des Außenklimas das Raumklima im Rahmen eines definierten Komfortbereichs bleibt, der mit den Erwartungen der Nutzer übereinstimmt [4].

4 Förderkonzept EnBau

Als energierelevante Planungsaufgabe liegt neben dem sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz ein Schwerpunkt auf der technischen Gebäudeausrüstung für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Beleuchtung. Diesem wird durch die geplante Änderung der EnEV für Nichtwohngebäude in 2007 als nationale Umsetzung der europäischen Richtlinie für Ge-



samtenergieeffizienz in Gebäuden Rechnung getragen. Mit dem Förderprogramm EnBau des BMWi wurden die dazugehörigen Vorläuferprojekte initiiert.

Die Kernpunkte für ein Demonstrationsprojekt im Sinne des Förderkonzepts EnBau sind:

- Primärenergiebezug für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Beleuchtung unter 100 kWh/m²a
- Heizwärmeverbrauch unter 40 kWh/m²a
- keine flächendeckende, aktive Kühlung
- Integration erneuerbarer Energien in die Versorgungstechnik.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft eine mögliche Zusammensetzung des Energiebezugs für ein Gebäude aus dem Förderprogramm verglichen mit der Querschnittserhebung im Bestand nach [1]. Eine Primärenergiekennzahl von 100 kWh/m²a entspricht einer Verbrauchsreduktion annähernd um den Faktor 3. Zielführend dafür ist zunächst eine Minderung des Heizwärmeverbrauchs auf unter 40 kWh/m²a und der Verzicht auf Klimatisierung. Verbesserte Tageslichtnutzung in Verbindung mit effizienter künstlicher Beleuchtung senkt den Stromverbrauch. Die Integration erneuerbarer Energien in die Wärme- und Stromversorgung mindert den Energiebezug (Solarkollektoren, Biomasse) oder ersetzt in einer Bilanzbetrachtung einen Teil des Netzstrombezugs. Die Fortschreibung der Anforderungen erfolgt auf Basis der Ziele des Energieforschungsprogramms des Bundes mit der Methodik der DIN 18599 V.

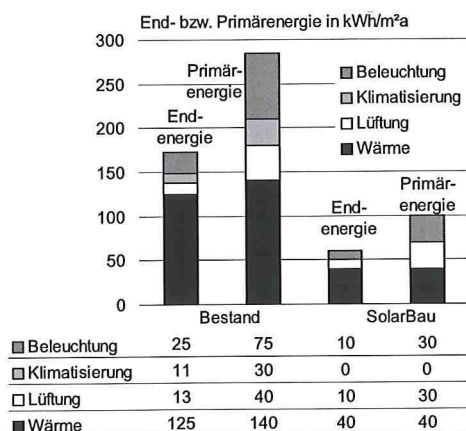
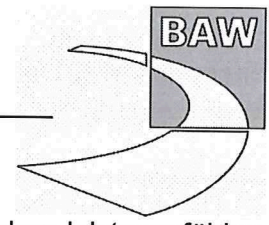


Abbildung 2: Zielwerte aus dem Förderkonzept EnBau verglichen mit Verbrauchswerten für Bürogebäude aus dem Bestand nach [1].

5 Konzepte: Passive Kühlung

Ein wichtiger Bestandteil im Energiekonzept solcher Gebäude ist die energieeffiziente Bereitstellung eines angenehmen Raumklimas im Sommer. Um auf eine aktive Kühlung verzichten zu können, werden bereits in der Planungsphase solare und interne Wärmelasten durch wirksamen Sonnenschutz bzw. verbesserte Tageslichtnutzung, Beleuchtungsautomatisierung und konsequente Gerätewahl (z. B. Flachbildschirme) reduziert. Die reduzierten Wärmelasten können weitgehend durch die Lüftung oder über thermisch aktive Bauteilsysteme (TABS) abgeführt werden. Bei hinreichend niedrigen, nächtlichen Außentemperaturen



kann die Wärme mit der kühlen Nachtluft abgeführt werden. Als besonders leistungsfähige Wärmesenken kommen das Erdreich oder das Grundwasser in Frage.

Folgende Technologien werden in den Demonstrationsgebäuden eingesetzt: Freie und mechanische Nachtlüftung, Erdwärmetauscher (luftdurchströmte Rohre im Erdreich) sowie Betonkernaktivierung in Kombination mit Erdsonden oder Grundwasserkühlung mit Schluckbrunnen. Die Technologien sind in der Baupraxis eingeführt, können zu wettbewerbsfähigen Kosten (Investition und Betriebskosten) realisiert werden und gewährleisten – bei richtiger Planung und Betriebsführung – ein gutes Raumklima ohne aktive Klimatisierung, siehe unten.

Allerdings kommen diese Konzepte mit niedrigem Exergieaufwand („Low-Ex“) insbesondere bei Nutzung der kühlen Nachtluft an Grenzen, wenn besonders hohe Anforderungen an die Raumtemperatur gestellt werden oder hohe Wärmelasten abgeführt werden müssen. Daher müssen in der Planung die Grenzen der passiven Kühlung für z.B. wechselnde Nutzungsanforderungen bestimmt und beachtet werden.

6 Sommerliches Temperaturverhalten

Bezüglich des sommerlichen Temperaturverhaltens und der passiven Kühlung muss sich das Gebäudekonzept an der Temperatur in den Büros bei hohen Außentemperaturen orientieren. Nach DIN 1946 (nicht mehr gültig) sollte die maximale (örtliche) operative Raumtemperatur für Gebäude mit RLT-Anlagen 25 °C bis zu einer Außentemperatur von 26 °C nicht überschreiten und darf bei höheren Außentemperaturen auch darüber liegen. Dieses Kriterium wird nachfolgend beispielhaft auch für ein nicht klimatisiertes Gebäude angewendet. Werden die Temperaturen aus dem realen Betrieb unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens und ohne Klima- und Nutzungskorrektur aufgetragen, zeigt Abbildung 3 beispielhaft, dass die Kriterien im Sommer 2002 weitgehend eingehalten wurden. Die Maximaltemperaturen in den Büros lagen zwischen 27 und 28 °C und sind in erster Linie auf das Nutzerverhalten (Sonnenschutz und Fensteröffnung) zurückzuführen [1,5].

Ebenso wie für klimatisierte Gebäude war der extrem warme Sommer 2003 eine Herausforderung für passiv gekühlte Gebäude mit Nachtlüftung mit z.B. 23 Tagen mit Tagesmittelwerten > 26°C in Freiburg. Gebäude mit Erdsonden als Wärmesenke zeigen eine gute Performance auch in sehr warmen Perioden, (Abbildung 4) [6].

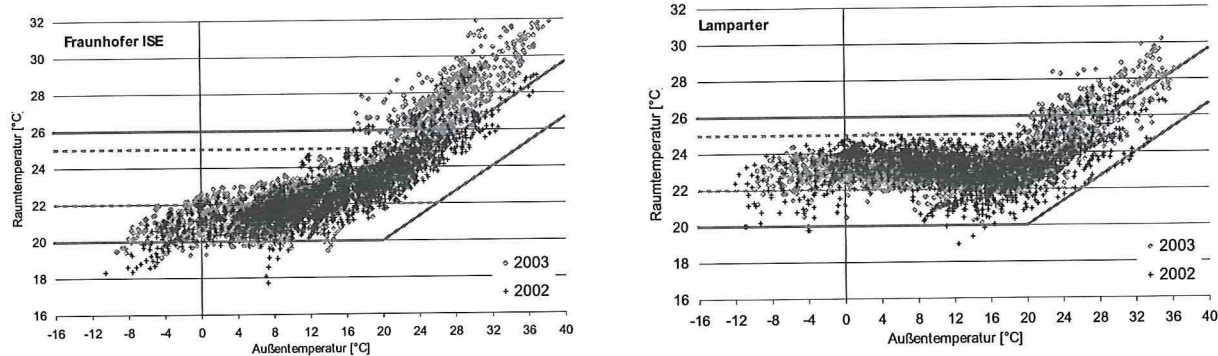
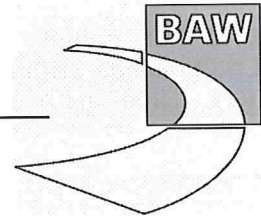


Abbildung 3: Raumlufthtemperaturen im Passivhaus Lamparter und FhG-ISE in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946. Dargestellter Zeitraum: 2002 und 2003.

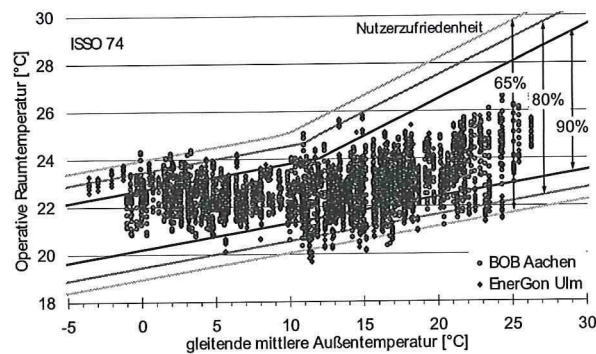
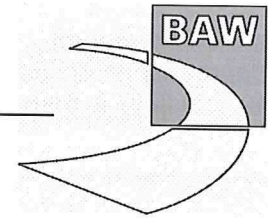


Abbildung 4: Thermischer Komfort exemplarisch für die Gebäude Energon Ulm (grün) und BOB Aachen (rot): Dargestellt ist die gemessene mittlere Raumtemperatur der Büros während der Anwesenheitszeit der Nutzer (8:00 bis 18:00) in Abhängigkeit des gleitenden Mittels der Außentemperatur (Richtlinie ISSO 74). Gemäß den Behaglichkeitskriterien sind 65% der Nutzer immer mit der Raumtemperatur zufrieden (Nutzerzufriedenheit: 90% (schwarze Linie), 80% (dunkelgraue Linie), 65% (hellgraue Linie)). Alle Daten für das Jahr 2005, Datenquelle Hochschulen Ulm und Köln.



7 Energiekennzahlen der EnBau-Gebäude

Anfang 2007 befanden sich 25 Projekte in der Förderung. Ein großer Teil davon ist bereits abgeschlossen (16 Projekte), weitere befinden sich der Messphase (7), andere in Planung und Bau (2).

Abbildung 5 fasst die Ergebnisse der Projekte sowie die 2006 zur Verfügung stehenden Jahresmessdaten grafisch zusammen. Primärenergiefaktoren und Stromgutschriften basieren auf DIN 4701/10. Zur Vereinfachung der Bilanzierung wurde Solarstrom (PV) mit der gleichen Stromgutschrift wie die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bewertet, Biomasse für Heizzwecke erhält den Primärenergiefaktor 0,2.

Erfreulicherweise erreichen die meisten Gebäude die angestrebten Energiekennwerte, wobei vor allem dann sehr niedrige Verbrauchswerte erreicht werden, wenn der Wärmebedarf sehr niedrig ist. Einige Gebäude kommen durch regenerative Produktion von Strom und Wärme dem Ziel einer ausgeglichenen Primärenergiebilanz recht Nahe (Abbildung 6).

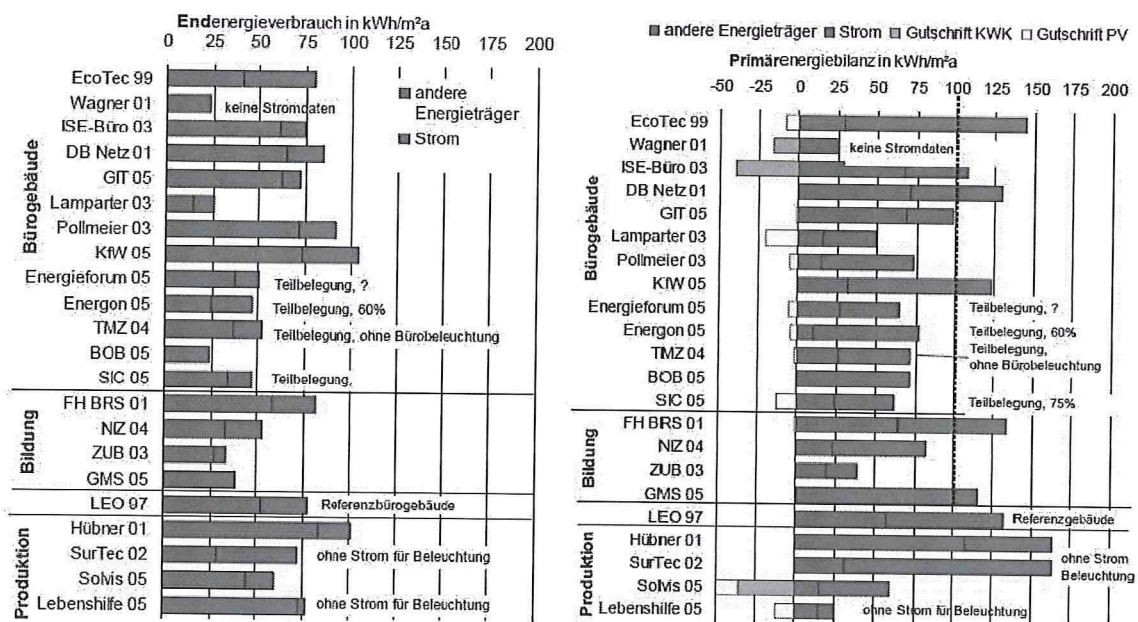


Abbildung 5: Endenergie- (links), und daraus abgeleitete Primärenergiekennzahlen (rechts). Primärenergiefaktoren basieren auf DIN 4701/10 [3]. Zur Vereinfachung der Bilanzierung wurde Solarstrom (PV) mit der gleichen Stromgutschrift wie die Kraft-/Wärmekopplung (KWK) bewertet, Biomasse für Heizzwecke erhält den Primärenergiefaktor 0,2. Die Verbrauchswerte beziehen sich auf die gesamte TGA für Heizen, Lüften, Kühlen und Beleuchten. Die Jahreszahlen hinter den Projektkürzeln weisen auf das Bezugsjahr der Messwerte hin. Eine Gradtagsbereinigung erfolgte nicht. Datenquelle ist jeweils die mit dem Messprogramm beauftragte Hochschule.

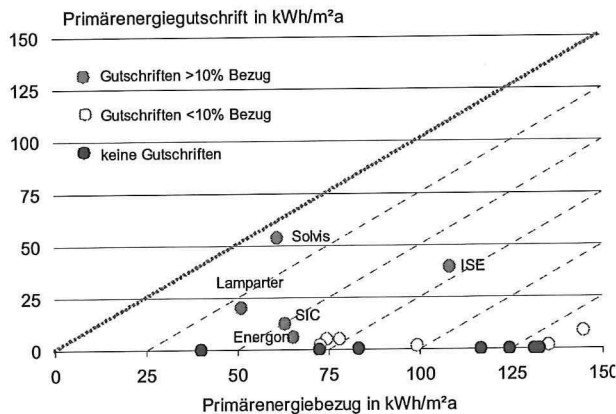
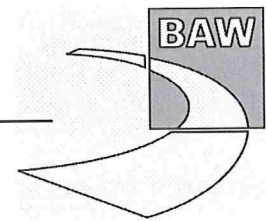


Abbildung 6: Neben einem reduzierten Primärenergiebezug ragen manche Gebäude durch einen hohen Anteil an lokal erzeugtem Strom aus Photovoltaik oder Kraft-Wärmekopplung hervor. So genannte „Nullenergiegebäude“ haben eine ausgeglichene Jahresbilanz von Primärenergiebezug und -gutschriften [3].

8 Betriebsführung

Neben der Berücksichtigung der Energieeffizienz bei der Planung ist auch die Überwachung des Betriebes und ggf. die Optimierung der Betriebsführung eine Voraussetzung Energiekosten in Nichtwohngebäuden effizient und langfristig zu reduzieren. Das detaillierte Monitoring hat in vielen Fällen dazu beigetragen, Mängel im Anlagenbetrieb aufzudecken und zu beseitigen. Zukünftig gilt es die Gebäudeleittechnik dahingehend weiter zu entwickeln, dass sie zu einem Instrument der Energieverbrauchsanalyse wird. Ein neuer Ansatz hierzu ist die so genannte modellbasierte Betriebsführung, die einen kontinuierlichen Vergleich von Soll- und Istwerten in Bezug auf den Energieverbrauch durchführt.

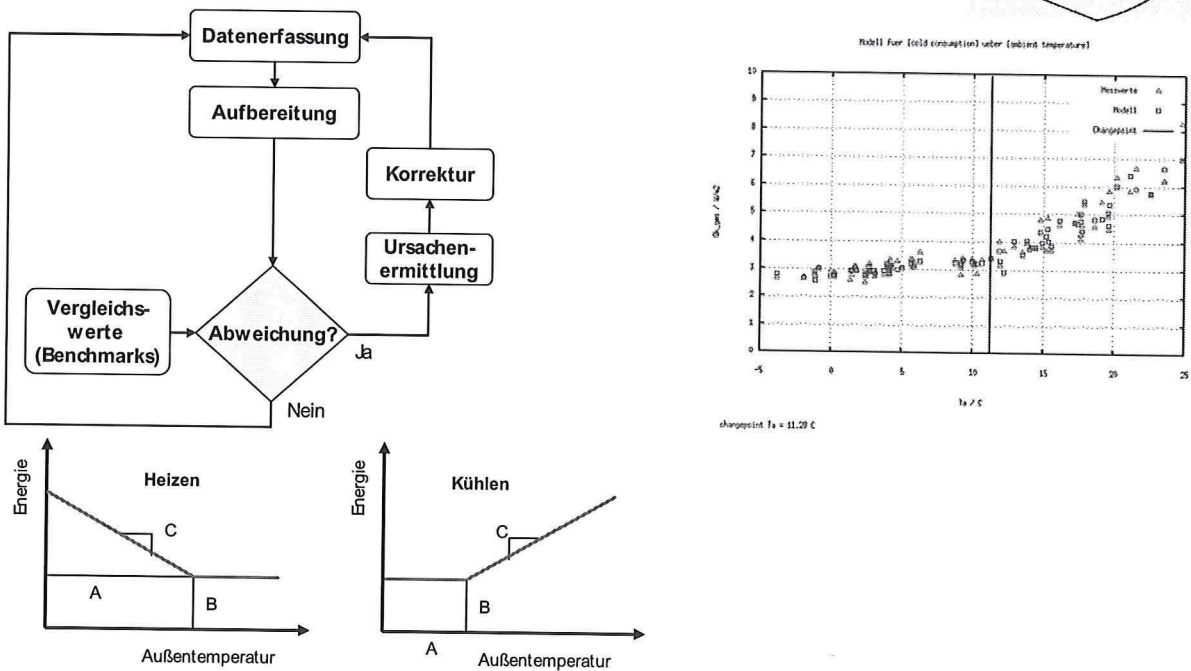


Abbildung 7: Grundprinzip der modellbasierten Betriebsführung (links oben), Drei-Punkt-Modelle für Heizenergie und Kühlenergie als Funktion der Außentemperatur (unten) sowie Anwendung eines solchen Modells am Beispiel des NIZ in Braunschweig. Angewendet wurde eine robuste lineare Regression zur Bestimmung des Kühlenergieverbrauchs auf Basis von Wochenwerten

9 Baukosten

Aus den Erfahrungen der realisierten Bauten zeigt sich, dass die Aufwendungen zur Energieeinsparung und Solarenergienutzung die Bauwerkskosten prozentual nur in geringem Umfang beeinflussen. Viel einflussreichere Faktoren sind Entscheidungen über den Gebäudetyp, die Nutzungsart, die Gebäudegröße, die Konjunkturlage, die Auswahl von Fassadentypen und -materialien, etc. Die im Beitrag vorgestellten Gebäude zeichnen sich dadurch aus, dass sie zu marktüblichen Investitionskosten erstellt wurden.

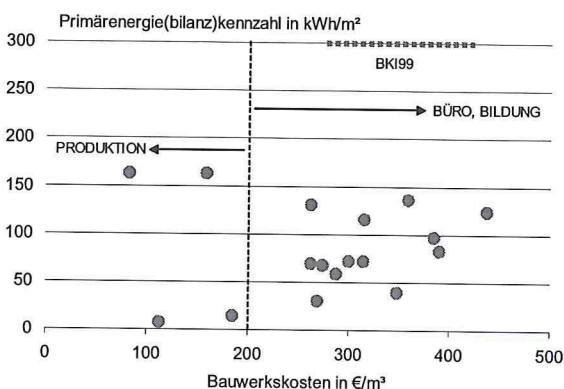
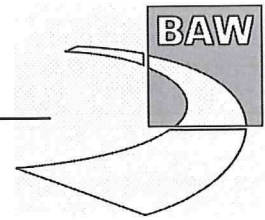


Abbildung 8: Bauwerkskosten ausgewählter EnBau-Projekte im Vergleich zu marktüblichen Vergleichskosten nach Baukostenindex BKI99.



10 Beispiel Planung und Sanierung Bauhof Passau

Am Beispiel des Verwaltungs- und Bürogebäudes des Bauhofs Passau wird gezeigt, wie eine Umsetzung der Zielwerte aus den Förderprojekten durch die Anwendung heute möglicher energetischer Standards erfolgen kann. Als Ziel gelten entsprechend ein prognostizierter Primärenergiebedarf für die gesamte Gebäudetechnik von maximal 100 kWh/m²a und ein Heizwärmebedarf von 40 kWh/m²a sowohl für den Neubau als auch für den Bestand.

Das architektonische Konzept des Neubaus legt bereits durch Berücksichtigung wesentlicher Kriterien (kompakte Bauweise, gute Belichtung durch sturzffreie Fenster, außen liegender Sonnenschutz, Lüftungsöffnungen, mittlerer Fensterflächenanteil im Süden, geringer Fensterflächenanteil im Norden) die entscheidenden Grundlagen für einen energieeffizienten Betrieb des Gebäudes.

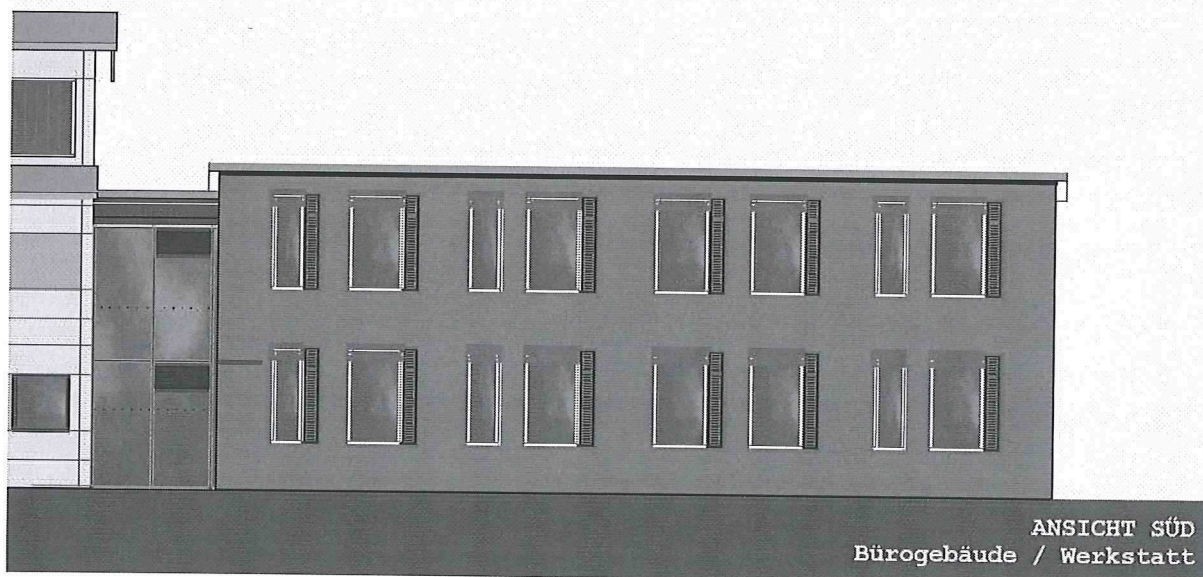
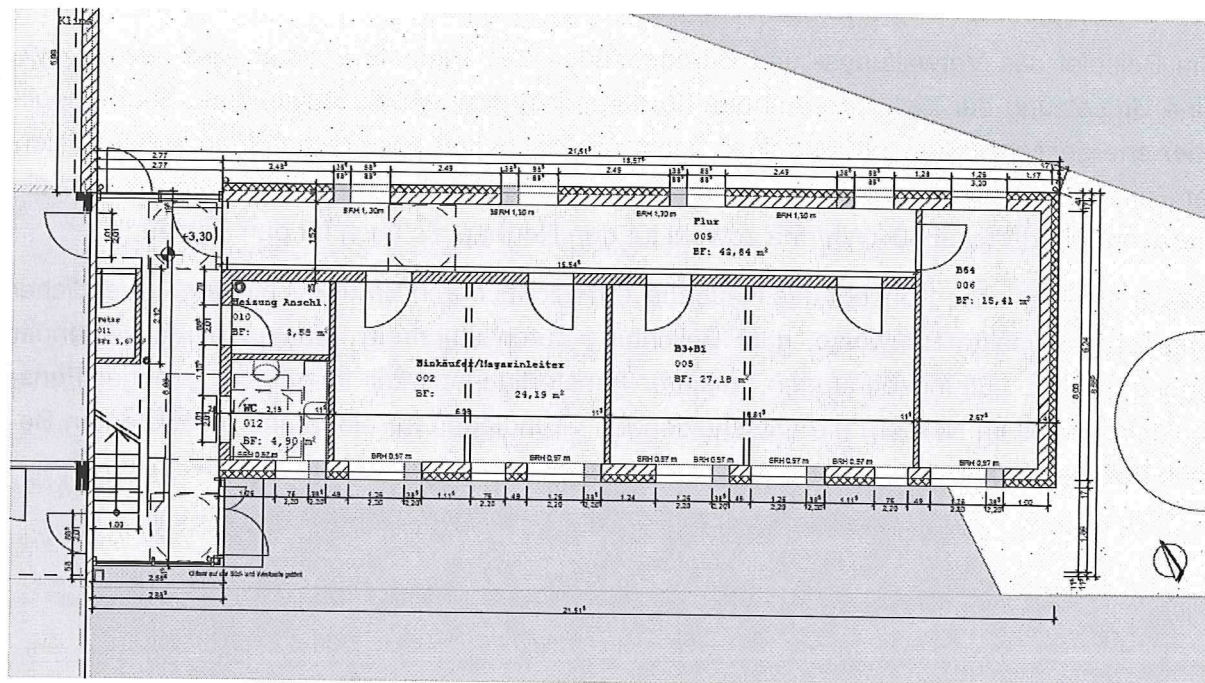
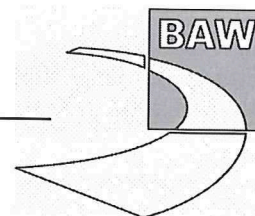
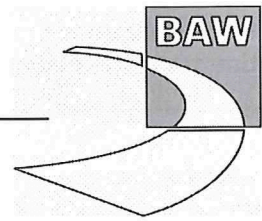


Abbildung 9: Grundriss und Südansicht des neuen Dienstgebäudes der Bundesanstalt für Wasserbau BAW in Passau. Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau BAW, Referat B4, Oktober 2006.



Der bauliche und technische Standard des Bauhofgebäudes zeigt, dass erhebliches Potenzial für eine Reduktion des Energieverbrauchs gegeben ist.

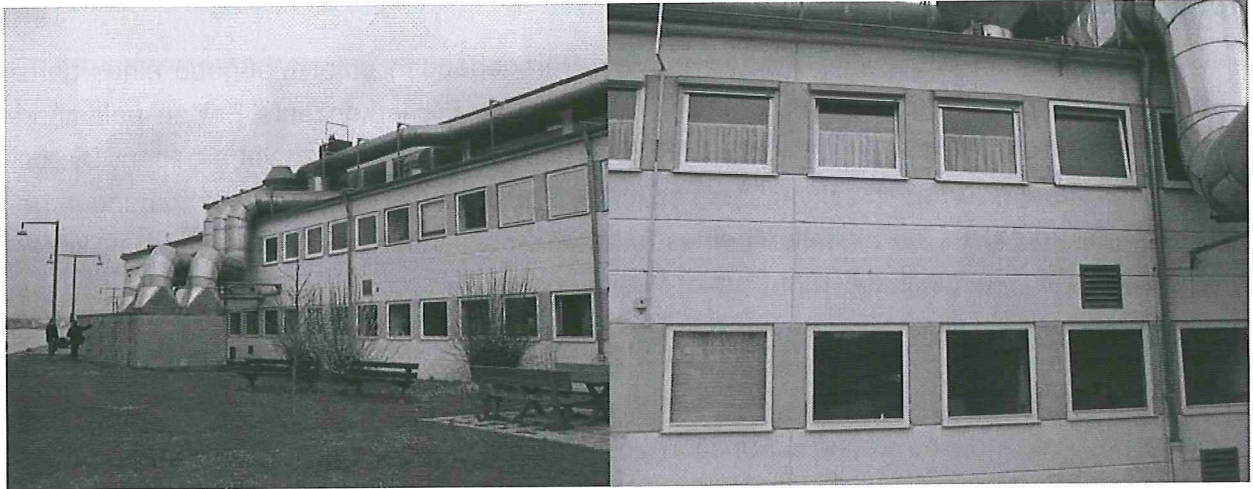


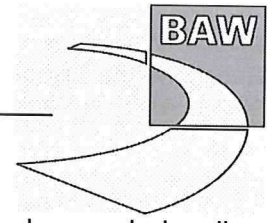
Abbildung 10: Ansichten Bauhofgebäude von Süden/ Donauufer. Die Lüftungsanlage versorgt die Werkhalle mit Frischluft. Rechts: Fenster wurden bereits teilweise ausgetauscht (oberes Fensterband mit neueren Kunststofffenstern, unten alte Fenster mit Metallrahmen).

Im Rahmen des Energiekonzepts werden beispielhaft verschiedene Varianten zur Baukonstruktion und Energieversorgung hinsichtlich ihres Energieeinsparpotenzials unter Berücksichtigung ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht.

Die wesentlichen Einflussgrößen für einen niedrigen Heizwärmebedarf von Gebäuden sind neben dem Dämmstandard des Gebäudes die passive Solarenergienutzung durch Verglasung, das Lüftungskonzept sowie eine luftdichte und wärmebrückenfreie Ausführung der Konstruktion.

Für die Versorgung stehen heute neben einer Standardversorgung mit einem Gas/Öl-Brennwertkessel verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die Wärmeversorgung effizienter (z.B. BHKW, Wärmepumpe) bzw. weitgehend oder vollständig regenerativ zu betreiben (Holzhackschnitzel/Holzpellets, Pflanzenöl-BHKW, Solaranlage zur Heizungsunterstützung).

Neben einem geringen Heizwärmebedarf ist gerade bei Bürogebäuden auch die Sicherstellung eines angenehmen Raumklimas während den Sommermonaten notwendig. Durch die Konzeption des Gebäudes reichen passive Maßnahmen, wie Nachtlüftung oder thermische aktivierte Bauteile zur Gebäudekühlung aus, um die Raumtemperaturen auch im Sommer im Behaglichkeitsbereich zu halten. Die passive Kühlung bietet dabei den Vorteil, dass als Kältequellen beispielsweise die kühlere Nachtluft oder Erd-/Grundwasserkälte genutzt werden können, wodurch sich der Energieaufwand gegenüber einer herkömmlichen Klimatisierung wesentlich verringert. Für den Bauhof Passau werden für eine passive Kühlung verschiedene Konzepte (Entwärmung durch Nachtlüftung, Bauteilaktivierung mit Erdwärmesonden oder freier Kühlung) auf ihre Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit untersucht.



Ziel des Gesamtkonzepts ist die Zusammenführung von hohem thermischen und visuellen Arbeitsplatzkomforts bei niedrigem Energiebedarf.

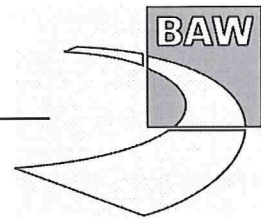
11 Fazit

Die Planung, Umsetzung und Evaluierung von Bürogebäuden unter Maßgabe eines ganzheitlichen Primärenergiezielwertes hat im Rahmen des Förderkonzepts EnBau belastbare Ergebnisse auf einem in dieser Breite und Tiefe noch neuen Arbeitsgebiet ergeben. Die bereits realisierten Vorhaben zeigen, dass es heute Stand der Technik ist, die kommenden gesetzlichen Vorgaben bei Einhaltung eines üblichen Baukostenrahmens wesentlich zu unterschreiten. Die Energiestudie zum Bauhof Passau bildet die Grundlage die Zielwerte aus den Förderprojekten in der Baupraxis der Bundesanstalt für Wasserbau umzusetzen.

Hinweis: Umfangreiche Zusatzinformation zu sämtlichen Demonstrationsprojekten befindet sich unter <http://www.enbau.info> sowie www.enob.info im Internet.

Literatur:

- [1] Voss, K., Löhnert, G., Herkel, S., Wagner, A. and Wambsganß, M. (2006): Bürogebäude mit Zukunft – Konzepte, Analysen, Erfahrungen, Solarpraxis Berlin, 2. Auflage, ISBN-10: 3-934595-59-6.
- [2] Weber, L. (2002): Energie in Bürogebäuden - Verbrauch und energierelevante Entscheidungen, vdf Hochschulverlag, ETH Zürich, CH.
- [3] Voss, K., Herkel, S., Löhnert, G., Pfafferott, J. and Wagner, A. (2006): Energy efficient office buildings with passive cooling – Results from a Research and Demonstration Programme. Proceedings of 4th European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, France.
- [4] Gossauer, E., Leonhart, R. and Wagner, A. (2006): Workplace occupant satisfaction at workplaces – a study in sixteen German office buildings. Proceedings of Windsor Conference on Comfort and Energy Use in Buildings, Windsor, UK.
- [5] Pfafferott, J., Herkel, S., Kalz, D. and Zeuschner, A. (2006): Comparison of low-energy office buildings in summer using different thermal comfort criteria. Proceeding, Windsor Conference on Comfort and Energy Use in Buildings, Windsor, UK.
- [6] Kalz, D., Pfafferott, J., Herkel, S. (2006): Monitoring and Data Analysis of two Low Energy Office Buildings with a Thermo-Active Building System (TABS). Proceedings of 4th European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, France.
- [7] Bischoff W. et al. (2003): Expositionen und gesundheitliche Beeinträchtigungen in Bürogebäuden, Fraunhofer IRB Verlag



Übersicht über die Gebäude

Ecolec Bremen 1998
Fluss- und Schließungsgebäude für das Institut für Bau- und Holztechnik und das Ecolec-Gesetz

Wagner Cölbe 1998
Fluss- und Kundenzentrum der Fa. Wagner Solar-technik GmbH im Fachhandelsstandort

Hübner Kassel 1998
Hochleistungs-Produktionsstätte der Fa. Hübner-Garm und -Kunststoff GmbH

Fhg-ISE Freiburg 2001
Forschungsinstitut für Solare Energietechnik mit Labor- und Büroanforderung

DB Netz Hamm 1999
Verwaltungsgebäude der Deutschen Bahn AG - Geschäftsstellen Netz

FH-BRS St. Augustin 1999
Hochschule der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg mit 3 Fachkampusen

GIT Siegen 2002
Hochschulgebäude der Universität Siegen mit Büro-, Seminar- und Produktionsflächen

Lamparter Weillheim 1999
Pflanzenzüchtungs- und Versuchsstation der Fa. Lamparter GmbH

NIZ Braunschweig 2001
Informationszentrum der NIZ Braunschweig, modernisiert als Erweiterung eines bestehenden Gebäudes

SurTec Zwingenberg 2000
Produktions-, Lager- und Bürogebäude der SurTec GmbH in Zwingenberg

Polimer Creutzburg 2001
Produktions- und Lagergebäude der Polimer-Mechanik GmbH

ZUB Kassel 2001
Zentrum für Umweltbewusstes Bauen an der Universität Kassel mit Büro- und Laboranforderung

SOLVIS Braunschweig 2002
Forschungs- und Entwicklungsstelle der Fa. Solvis und dem Konzept einer F&E-Schwerindustrie

EnerGen Ulm 2002
Zentraler Forschungsbereich der Fa. EnerGen mit schwerer und komplexer industrieller Nutzung

KNW Frankfurt/M 2002
Kunststofftechnisches Versuchsgebäude der KNW Frankfurt, 1998 als Erweiterung

EnergieForum Berlin 2002
Erweiterung eines Industriekomplexes mit einer Erweiterung mit Büro- und Ausstellungsräumen zur Messe

TMZ Erfurt 2001
Technologien- und Medienzentrum für Medienkommunikation in der Messe Erfurt

BOB Aachen 2001
"Richard Wagner Building", bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

GMS Biberach 2004
Gebäude für die GMS Biberach, bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

UBA Dessau 2005
Gebäude für die UBA Dessau, bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

SIC Freiburg 2004
Solarinfo Center mit Büro-, Einzel- und Verkaufsfunktion für die Fa. SIC Freiburg

DVZ Borsum Eberswalde 2007
Büro- und Verwaltungsgebäude der DVZ Borsum

Lebenshilfe Lindenberg 2004
Voraussetzung für Lebenshilfe Lindenberg, mit Produktions-, Büro- und Gewerkerflächen

Museum Rittler Waldenbuch 2006
Kunstmuseum

Ecolec Bremen 1998
Fluss- und Schließungsgebäude für das Institut für Bau- und Holztechnik und das Ecolec-Gesetz

Wagner Cölbe 1998
Fluss- und Kundenzentrum der Fa. Wagner Solar-technik GmbH im Fachhandelsstandort

Hübner Kassel 1998
Hochleistungs-Produktionsstätte der Fa. Hübner-Garm und -Kunststoff GmbH

Fhg-ISE Freiburg 2001
Forschungsinstitut für Solare Energietechnik mit Labor- und Büroanforderung

DB Netz Hamm 1999
Verwaltungsgebäude der Deutschen Bahn AG - Geschäftsstellen Netz

FH-BRS St. Augustin 1999
Hochschule der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg mit 3 Fachkampusen

GIT Siegen 2002
Hochschulgebäude der Universität Siegen mit Büro-, Seminar- und Produktionsflächen

Lamparter Weillheim 1999
Pflanzenzüchtungs- und Versuchsstation der Fa. Lamparter GmbH

NIZ Braunschweig 2001
Informationszentrum der NIZ Braunschweig, modernisiert als Erweiterung eines bestehenden Gebäudes

SurTec Zwingenberg 2000
Produktions-, Lager- und Bürogebäude der SurTec GmbH in Zwingenberg

Polimer Creutzburg 2001
Produktions- und Lagergebäude der Polimer-Mechanik GmbH

ZUB Kassel 2001
Zentrum für Umweltbewusstes Bauen an der Universität Kassel mit Büro- und Laboranforderung

SOLVIS Braunschweig 2002
Forschungs- und Entwicklungsstelle der Fa. Solvis und dem Konzept einer F&E-Schwerindustrie

EnerGen Ulm 2002
Zentraler Forschungsbereich der Fa. EnerGen mit schwerer und komplexer industrieller Nutzung

KNW Frankfurt/M 2002
Kunststofftechnisches Versuchsgebäude der KNW Frankfurt, 1998 als Erweiterung

EnergieForum Berlin 2002
Erweiterung eines Industriekomplexes mit einer Erweiterung mit Büro- und Ausstellungsräumen zur Messe

TMZ Erfurt 2001
Technologien- und Medienzentrum für Medienkommunikation in der Messe Erfurt

BOB Aachen 2001
"Richard Wagner Building", bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

GMS Biberach 2004
Gebäude für die GMS Biberach, bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

UBA Dessau 2005
Gebäude für die UBA Dessau, bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

SIC Freiburg 2004
Solarinfo Center mit Büro-, Einzel- und Verkaufsfunktion für die Fa. SIC Freiburg

DVZ Borsum Eberswalde 2007
Büro- und Verwaltungsgebäude der DVZ Borsum

Lebenshilfe Lindenberg 2004
Voraussetzung für Lebenshilfe Lindenberg, mit Produktions-, Büro- und Gewerkerflächen

Museum Rittler Waldenbuch 2006
Kunstmuseum

Ecolec Bremen 1998
Fluss- und Schließungsgebäude für das Institut für Bau- und Holztechnik und das Ecolec-Gesetz

Wagner Cölbe 1998
Fluss- und Kundenzentrum der Fa. Wagner Solar-technik GmbH im Fachhandelsstandort

Hübner Kassel 1998
Hochleistungs-Produktionsstätte der Fa. Hübner-Garm und -Kunststoff GmbH

Fhg-ISE Freiburg 2001
Forschungsinstitut für Solare Energietechnik mit Labor- und Büroanforderung

DB Netz Hamm 1999
Verwaltungsgebäude der Deutschen Bahn AG - Geschäftsstellen Netz

FH-BRS St. Augustin 1999
Hochschule der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg mit 3 Fachkampusen

GIT Siegen 2002
Hochschulgebäude der Universität Siegen mit Büro-, Seminar- und Produktionsflächen

Lamparter Weillheim 1999
Pflanzenzüchtungs- und Versuchsstation der Fa. Lamparter GmbH

NIZ Braunschweig 2001
Informationszentrum der NIZ Braunschweig, modernisiert als Erweiterung eines bestehenden Gebäudes

SurTec Zwingenberg 2000
Produktions-, Lager- und Bürogebäude der SurTec GmbH in Zwingenberg

Polimer Creutzburg 2001
Produktions- und Lagergebäude der Polimer-Mechanik GmbH

ZUB Kassel 2001
Zentrum für Umweltbewusstes Bauen an der Universität Kassel mit Büro- und Laboranforderung

SOLVIS Braunschweig 2002
Forschungs- und Entwicklungsstelle der Fa. Solvis und dem Konzept einer F&E-Schwerindustrie

EnerGen Ulm 2002
Zentraler Forschungsbereich der Fa. EnerGen mit schwerer und komplexer industrieller Nutzung

KNW Frankfurt/M 2002
Kunststofftechnisches Versuchsgebäude der KNW Frankfurt, 1998 als Erweiterung

EnergieForum Berlin 2002
Erweiterung eines Industriekomplexes mit einer Erweiterung mit Büro- und Ausstellungsräumen zur Messe

TMZ Erfurt 2001
Technologien- und Medienzentrum für Medienkommunikation in der Messe Erfurt

BOB Aachen 2001
"Richard Wagner Building", bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

GMS Biberach 2004
Gebäude für die GMS Biberach, bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

UBA Dessau 2005
Gebäude für die UBA Dessau, bekannt als ein neues modernisiertes Bauwerk

SIC Freiburg 2004
Solarinfo Center mit Büro-, Einzel- und Verkaufsfunktion für die Fa. SIC Freiburg

DVZ Borsum Eberswalde 2007
Büro- und Verwaltungsgebäude der DVZ Borsum

Lebenshilfe Lindenberg 2004
Voraussetzung für Lebenshilfe Lindenberg, mit Produktions-, Büro- und Gewerkerflächen

Museum Rittler Waldenbuch 2006
Kunstmuseum

Teilnehmerliste BAW-Kolloquium

Energetische Ertüchtigung von Bauwerken der WSV

10. Mai 2007 in Karlsruhe

Name	Firma
Bartel, Lothar	Wasser- und Schifffahrtsamt, Heidelberg
Baus, Heidrun	Wasser- und Schifffahrtsamt, Duisburg-Meiderich
Bethmann, Freda	Fachgebiet Bauphysik & technischer Ausbau, Universität Karlsruhe
Beuke, Udo	Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Boczinski, Gabriele	Wasser- und Schifffahrtsamt, Hann. Münden
Ehmann, Rainer	Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Etzold, Editha	Wasser- und Schifffahrtsamt, Regensburg
Fändrich, Thomas	Wasser- und Schifffahrtsamt, Heidelberg
Fick, Johannes	Wasser- und Schifffahrtsamt, Heidelberg
Garrn, Frithjof	Wasser- und Schifffahrtsamt, Kiel-Holtenau
Habranke, Elke	Wasser- und Schifffahrtsamt, Datteln
Heinzelmann, Christoph	Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Herkel, Sebastian	Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme, Freiburg
Herten, Markus	Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Horschler, Stefan	Büro für Bauphysik, Hannover
Junge, Edgar	Wasser- und Schifffahrtsamt, Lübeck
Klippe, Hartmut	Wasser- und Schifffahrtsamt, Uelzen
Kramer, Werner	Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Kühni, Katrin	Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Kunz, Claus	Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Markfort, Dirk	Insitut für Erhaltung u. Modernisierung von Bauwerken, TU Berlin
Matz, Bodo	Wasserstraßen-Neubauamt, Hannover
Meihsner, Silke	Wasser- und Schifffahrtsamt, Kiel-Holtenau
Opitz, Karl-Ernst	Wasser- und Schifffahrtsamt, Uelzen
Pfeifer, Sabine	Wasser- und Schifffahrtsamt, Trier
Rohrbach, Tanja	Wasser- und Schifffahrtsamt, Rheine
Scheuermann, Udo	Wasser- und Schifffahrtsamt, Heidelberg

Name**Firma**

Seidel, Karin	Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
Speichert, Ulrike	Wasser- und Schifffahrtsamt, Hamburg
Stadler, Arnulf	Wasser- und Schifffahrtsamt, Bauhof, Passau
Timme, Heinrich	Wasserstraßen-Neubauamt, Hannover
Tritschler, Christian	Wasser- und Schifffahrtsamt, Freiburg
Wickenhäuser, Andreas	Wasser- und Schifffahrtsamt, Heidelberg
Willms, Christine	Wasser- und Schifffahrtsamt, Trier
Zeman, Winfried	Wasser- und Schifffahrtsdirektion, Mainz
Zipperling, Andrea	Wasser- und Schifffahrtsamt, Freiburg